

REPORTE MONITOREO BIOFÍSICO CAMPAÑA FEBRERO 2013

PLAN DE ACCIÓN PARA EL ECOSISTEMA MARINO COSTERO

PROYECTO MINA DE COBRE PANAMÁ

Documento:
Preparado para:
Código de Proyecto:
Fecha de emisión:

Reporte Monitoreo Biofísico
Minera Panamá, S.A
I_SLP12_011
20 de Junio de 2013

PARTICIPANTES

Dirección Científica

Dra. Elia García

Asistente Coordinación

Lic. Denise Debrot

Coordinador de Campo

Lic. Carlos Vega

Biólogos en Campo

MSc. Marcos Nuñez

MSc. Darys Delgado

Análisis Estadísticos

MSc. Sebastián Rodríguez

Especialista en Ecotoxicología y Contaminación

Dra. Elia García

Dr. Ruth Ramos

Análisis Laboratorio muestras químicas

Lic. Carluvy Baptista

Lic. Paul Strubinger

Lic. Kris Nieves Rivas

Análisis muestras Bentos

Prof. David Bone

Lic. Adriana López

Análisis muestras Zooplancton

Lic. Humberto Camisotti

Análisis muestras Fitoplancton

Lic. Francoise Cavada

Apoyo técnico en laboratorio

Tec. Miriam Barbosa

Tec. Angelin Buroz

Coordinadora Administrativa

BSc. Ana Lucia Zegarra

TABLA DE CONTENIDO

INDICE DE TABLAS	iv
INDICE DE FIGURAS	v
INDICE DE ANEXOS	vii
ABREVIATURAS, ACRÓNIMOS Y UNIDADES	viii
I. INTRODUCCIÓN	9
II. OBJETIVOS	10
III. AREA DE MUESTREO	11
IV. METODOLOGÍA	14
IV.1 COLUMNA DE AGUA	14
IV.1.1 Parámetros físico-químicos	14
IV.1.2 Sólidos totales suspendidos	14
IV.1.3 Contenido de aceites y grasas y TPH,	14
IV.2 SEDIMENTOS	15
IV.2.1 Análisis granulométrico	15
IV.2.2 Contenido de aceites y grasas y TPH	15
IV.2.3 Metales pesados	16
IV.3 COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA Y ZOOPLANCTÓNICA	16
IV.3.1 Microalgas	16
IV.3.2 Zooplancton	17
IV.4 COMUNIDAD BENTÓNICA	17
IV.4.1 Análisis de datos de la comunidad bentónica	18
V. RESULTADOS SEGUNDA CAMPAÑA (Febrero-Marzo 2013)	19
V.1 COLUMNA DE AGUA	19
V.1.1 Parámetros físico-químicos de la columna de agua	19
V.1.2 Sólidos totales suspendidos (STS)	19
V.2 SEDIMENTOS	23
V.2.1 Análisis granulométrico	23
V.2.2 Contenido de materia orgánica	26
V.2.3 Contenido de nitrógeno y fósforo	27
V.2.4 Contenido de aceites y grasas e hidrocarburos totales de petróleo	27
V.2.5 Metales pesados	28
V.3.1 Riqueza de microalgas	34
V.3.2 Composición	35
V.3.3 Abundancia	37
V.3.4 Comunidad Zooplanctónica	38
V.4 COMUNIDAD BENTÓNICA	40
V.4.1 Estructura de la macrofauna bentónica	40
VI. CONCLUSIONES	49
VII. RECOMENDACIONES	49
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
VII. ANEXOS A	54
VIII. ANEXOS B	63
Tabla B 1. Taxones zooplanctónicos encontrados en las ocho localidades de estudio, en febrero de 2013	63
IX. ANEXOS C	68

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas geográficas de las estaciones muestreadas en las 8 localidades.	11
Tabla 2. Parámetros estadísticos descriptivos del análisis granulométrico de las muestras de sedimentos superficiales en las 8 localidades de muestreo.	25
Tabla 3. Concentración promedio (Media), concentración mínima (Min) y máxima (Max) expresada en ppm de los metales Pb, Cd, Cr, Zn Cu y As. (ERL: rango de efecto bajo, ERM: rango de efecto medio; Long y Morgan 1990). Los valores resaltados en gris claro superan el ERL, los valores enmarcados en gris oscuro superan el ERM.	32
Tabla 4. Abundancia total (N indiv) y relativa (%) de los grupos taxonómicos en las zonas evaluadas.	40
Tabla 5. Abundancia total (N ind.) y relativa (%) de las familias de poliquetos en las localidades marinas y estuarinas, en febrero de 2013.	44

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de las ocho localidades, cada una con cuatro estaciones de muestreo. Las estaciones señaladas en rojo se encuentran en el área de influencia, y las amarillas corresponden a controles.	13
Figura 2. Concentración de sólidos totales suspendidos en las 8 localidades de muestreo en febrero de 2013.	19
Figura 3. Contenido promedio (ppm) de aceites y grasas (AyG) e hidrocarburos totales de petróleo (TPH) en la columna de agua, en las 8 localidades de muestreo en febrero de 2013. Las barras de error denotan la desviación estándar.	20
Figura 4. Concentración promedio de aluminio y hierro (ppm) en la columna de agua en las 8 localidades de muestreo (4 localidades por cada estación) en febrero de 2013. Las barras de error indican la desviación estándar.	21
Figura 5. Concentración promedio (ppm) de cadmio y cromo en la columna de agua en las 8 localidades de muestreo (4 localidades por cada estación) en febrero de 2013. Las barras de error indican la desviación estándar.	22
Figura 6. Concentración de metales pesados (cobre, bario, arsénico, plomo y zinc) en la columna de agua en 8 localidades de muestreo (4 localidades por cada estación) en febrero de 2013. Las barras de error indican la desviación estándar.	22
Figura 7. Composición granulométrica (%) del sedimento en 3 localidades de muestreo (4 estaciones en las localidades 1 y 2, y una estación en la localidad 3) en febrero de 2013.	23
Figura 8. Composición de las arenas (%) del sedimento en 3 localidades de muestreo (4 estaciones en las localidades 1 y 2, y una estación en la localidad 3) en febrero de 2013.	24
Figura 9. Contenido de materia orgánica total expresado en porcentaje (%) en las 8 localidades de muestreo (4 estaciones en cada localidad), en febrero de 2013.	26
Figura 10. Contenido de carbono orgánico total expresado en porcentaje (%) en las 8 localidades de muestreo (4 estaciones en cada localidad), en febrero de 2013.	27
Figura 11. Concentración promedio (ppm) de aceites y grasas (AyG) e hidrocarburos totales de petróleo (TPH) en sedimento, en las 8 localidades de muestreo (4 estaciones por cada localidad), en febrero de 2013. Las barras de error denotan las desviaciones estándar del promedio, y la línea roja, el límite sugerido para sedimentos contaminados ([AyG] >10000 ppm).	28
Figura 12. Concentración (ppm) de aluminio (Al) y hierro (Fe) en sedimento, en las 8 localidades de muestreo (4 estaciones por cada localidad), en febrero de 2013.	29
Figura 13. Concentración (ppm) de metales pesados (Plomo, Cadmio, Cromo y Arsénico) en los sedimentos de las 8 localidades de muestreo (4 estaciones por cada localidad) en febrero de 2013.	30
Figura 14. Concentración (ppm) de metales pesados (Zinc, Cobre y Bario) en los sedimentos de las 8 localidades de muestreo (4 estaciones por cada localidad) en febrero de 2013.	31
Figura 15. Factor de enriquecimiento del Cadmio (normalizado por la concentración de Hierro) en los sedimentos de las 8 localidades de muestreo (4 estaciones por cada localidad) en febrero de 2013.	33

Figura 16. Riqueza relativa (A) y riqueza promedio $\pm$ D.E. (B) expresada en número de especies de los ensamblajes fitoplanctónicos.....	34
Figura 17. Número promedio de células por muestra de las especies de diatomeas con mayor frecuencia de aparición (A) y proporción de especies de diatomeas de acuerdo.....	36
Figura 18. Número promedio de células por muestra de las especies de clorofilas con mayor frecuencia de aparición en los ensamblajes fitoplanctónicos.....	37
Figura 19. Abundancia relativa (A) y Densidad promedio $\pm$ D.E. (B) expresada de los grupos funcionales de los ensamblajes fitoplanctónicos.....	38
Figura 20. Abundancia promedio de la comunidad zooplanctónica (Holop: organismos holoplanctónicos son aquellos que pertenecen al plancton durante todo su ciclo de vida). En la gráfica complementaria se muestran los organismos con una participación inferior al 1%. Los Isópodos no se representan porque su contribución a la abundancia total es muy baja.....	39
Figura 21. A) Análisis de ordenación (nMDS) de las localidades de muestreo basado en la matriz de abundancia de la macrofauna. B) Distribución espacial del grupo de los poliquetos en las localidades evaluadas.....	i
Figura 22. A) Análisis de ordenación (nMDS) de las estaciones de muestreo ubicadas en las localidades marinas basado en la matriz de abundancia de la macrofauna. B) Distribución espacial del grupo de los Peracáridos en las localidades evaluadas. C)	43
Figura 23. Densidad promedio de organismos en las estaciones ubicadas en las localidades marinas y estuarinas, en febrero de 2013.....	44
Figura 24. Densidad promedio de poliquetos en las estaciones ubicadas en las localidades marinas y estuarinas.	46

INDICE DE ANEXOS

Tabla A 1. Parámetros físico-químicos en las 8 localidades de muestreo en febrero de 2013.....	54
Tabla A 2. Concentración promedio y desviación estándar (DE) de sólidos totales suspendidos (STS) en mg/l, en las 8 localidades de muestreo (4 estaciones por cada localidad) en febrero de 2013.....	56
Tabla A 3. Concentración promedio (ppm) y su correspondiente desviación estándar (DE) de aceites y grasas (AYG) e hidrocarburos totales de petróleo (TPH) en la columna de agua, en las 8 localidades de muestreo (4 estaciones por cada localidad) en febrero de 2013.....	57
Tabla A 4. Concentración de metales en la columna de agua (ppm) en las 8 estaciones de muestreo (4 localidades por cada estación), en febrero de 2013.	58
Tabla A 5. Características granulométricas de los sedimentos superficiales en las 8 localidades de muestreo en febrero de 2013.....	59
Tabla A 6. Concentración promedio de nutrientes en muestras de sedimento (mg/L) en febrero de 2013. Promedio de Nitrógeno orgánico total (NTO) y Fósforo total (P). DE: Desviación estándar; ND: No detectable.	60
Tabla A 7. Concentración promedio (ppm) y su correspondiente Desviación Estándar (DE) de aceites y grasas (AyG) e hidrocarburos totales de petróleo (TPH) en sedimento, en las 8 localidades de muestreo (4 estaciones por cada localidad), en febrero de 2013.....	61
Tabla A 8. Concentración promedio (ppm) de metales pesados en sedimento y su correspondiente Desviación Estándar (DE), en las 8 localidades de muestreo (4 estaciones por cada localidad), en febrero de 2013.....	62
Tabla B 1. Taxones zooplanctónicos encontrados en las ocho localidades de estudio, en febrero de 2013.....	63
Tabla B 2. Lista de especies de microalgas identificadas en las muestras de Fitoplánton en la Campaña de febrero de 2013.	66
Tabla C 1. Lista taxonómica de los grupos identificados en la comunidad bentónica en las localidades marinas y estuarinas en febrero de 2013.	68
Tabla C 2. Densidad promedio (+ DE) de las familias de poliquetos identificadas en las localidades estuarinas.	70

ABREVIATURAS, ACRÓNIMOS Y UNIDADES

AyG	Aceites y grasas
°C	Grados Centígrados
cm	Centímetros
U.S. EPA	United States Environmental Protection Agency (siglas en ingles)
mg	Miligramos
ind	individuo
L	Litro
ml	Mililitro
m ²	Metro cuadrado
nd.	No determinado
mm	Milímetros
μS/cm	Micro Siemens por centímetro
N	Norte
O	Oeste
PAH	Hidrocarburos policíclicos aromáticos (siglas en inglés)
pH	Potencial de Hidrógeno
ppt	Partes por mil (siglas en inglés)
ppm	Partes por millón (siglas en inglés)
sp.	Especie
TPH	Total petroleum hydrocarbures (siglas en inglés)
USB	Universidad Simón Bolívar
μ	Micras
CRP	Centro Refinador Paraguaná
ERA	Estimación de Riesgo Ambiental
PEMA	Programa Especial de Manejo Ambiental
PMR	Plan de Manejo del Riesgo Ambiental
UGA	Unidad de Gestión Ambiental
FE	Factores de enriquecimiento
ERL	Rango de efecto bajo
%	Porcentaje
MP	Metales pesados totales
SAV	Sulfuros ácidos volátiles
OMS, WHO	Organización Mundial de la Salud
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
EEC	Comunidad Económica Europea
ACGIH	Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales

I. INTRODUCCIÓN

Minera Panamá, S.A. (MPSA) es una subsidiaria panameña de First Quantum Minerals, una compañía minera internacional.

MPSA posee los derechos de una concesión minera, otorgados mediante la Ley panameña N°. 9 de 26 de febrero de 1997. La concesión se encuentra ubicada en el Distrito de Donoso, en la Provincia de Colón, República de Panamá, aproximadamente a 120 km al oeste y a 300 km por carretera, desde la Ciudad de Panamá. Comprende un área de 136 km². La propiedad incluye tres yacimientos de mineral en tres ubicaciones distintas: Botija, Colina y Valle Grande.¹ En dicha concesión se desarrolla el proyecto Mina de Cobre Panamá.

El objetivo de dicho proyecto es la extracción y concentración de cobre (también con contenidos de oro y plata) y molibdeno de los tres yacimientos identificados. MPSA busca implementar una operación minera con los más altos estándares técnicos y operativos, generando valor agregado de manera sustancial para beneficio de sus accionistas, trabajadores, comunidades aledañas y del país, protegiendo al mismo tiempo la seguridad y salud de sus empleados; a las comunidades aledañas; y al medio ambiente.²

El proyecto minero es consistente con la estrategia de desarrollo de Panamá en lo relativo a disciplina fiscal, transparencia y mayor eficiencia para asegurar una sólida base económica, así como para acelerar el crecimiento económico liderado por las exportaciones, crear más empleos y reducir la pobreza. Asimismo, el proyecto minero ayudará a que Panamá continúe avanzando hacia el logro de sus Metas de Desarrollo del Milenio.³

Además, MPSA responde de manera voluntaria a las normas de la Corporación Financiera Internacional (IFC, por sus siglas en inglés) a través del cumplimiento de sus Normas de Desempeño sobre Sostenibilidad Ambiental y Social; siendo la norma específica a la que responde el presente documento, la Norma de Desempeño 6: Conservación de la Biodiversidad y Manejo de los Recursos Naturales Vivos (PS-6, por sus siglas en inglés).

Las operaciones buscan la implementación de las mejores prácticas para el manejo de la biodiversidad y el compromiso para lograr un balance integral. De esta manera, y como parte de las medidas de mitigación referidas en el Estudio de Impacto Ambiental (EsIA), uno de los compromisos establecidos por la empresa es la implementación de las acciones necesarias para asegurar su desempeño eficiente en el manejo del ambiente marino costero bajo influencia del proyecto, lo que incluye las especies de vida acuática y el monitoreo en las proximidades de Punta Rincón.⁴

En ese sentido, se han priorizado en este estudio, entre otros, las muestras de hábitat de fondo duro como de importancia para las especies de vida acuática presentes. Posteriormente, a requerimiento de MPSA, se realizó a mediados de 2011 un estudio sobre el uso del área por especies de quelonios acuáticos, especies priorizadas en las listas internacionales de conservación.

¹ Estudio de Impacto Ambiental. Capítulo 5. Descripción del proyecto. Mina de Cobre Panamá. Septiembre 2010.

² Estudio de Impacto Ambiental. Capítulo 5. Descripción del proyecto. Mina de Cobre Panamá. Septiembre 2010.

³ Estudio de Impacto Ambiental. Capítulo 5. Descripción del proyecto. Mina de Cobre Panamá. Septiembre 2010.

⁴ Minera Panamá, S.A. – Solicitud de propuesta Plan acción monitoreo marino costero. 2012.

De esta manera, en el marco de sus operaciones, MPSA busca la implementación de un **Plan de acción para el ecosistema marino costero del área de influencia del Proyecto Cobre Panamá**. Dentro de la acción 8 de este Plan ,se encuentra enmarcado “El monitoreo biofísico a largo plazo , incluye una frecuencia de muestreos para definir indicadores tanto bióticos como abióticos, necesarios en la medición de los posibles impactos y amenazas del proyecto Mina de Cobre Panamá sobre los hábitats naturales y críticos de la zona costera estudiada”. Actualmente se está ejecutando el monitoreo biofísico inicial para establecer la línea base antes de la construcción y SNC-Lavalin Panamá, S.A.

El presente documento corresponde al informe final con los resultados de la Segunda Campaña de muestreo de monitoreo biofísico, realizada en el mes de febrero del 2013.

II. OBJETIVOS

Objetivo general del plan de acción para el ecosistema marino costero del área de influencia del Proyecto Cobre Panamá

Mitigar, compensar y monitorear las posibles incidencias de las actividades que realiza el Proyecto Mina de Cobre Panamá en el ecosistema marino costero de su área de influencia.

Objetivos Específicos del monitoreo biofísico (Acción 8 del Plan)

1. Monitorear variables físicas y biológicas del ecosistema marino costero.
2. Permitir el establecimiento, a mediano y largo plazo, de indicadores seleccionados y patrones de variación en componentes ambientales; e inferir, a través de análisis estadísticos, si los cambios detectados son atribuibles al Proyecto de Minería de Cobre Panamá.
3. Permitir la identificación, a mediano y largo plazo, de los impactos no previstos que puedan surgir durante el desarrollo del Proyecto, para darles una respuesta adecuada y oportuna.

III. AREA DE MUESTREO

El área de estudio comprende ocho localidades, cada una con cuatro estaciones de muestreo. De estas ocho localidades; cinco corresponden al área de influencia (4 marino-costeras y 1 estuarina) y tres corresponden a áreas de control (2 marino-costeras y 1 estuarina).

Así tenemos que de las cinco localidades del área de influencia; las localidades costeras corresponden a Petaquilla, Punta Rincón 1, Punta Rincón 2 y San Roque mientras que la estuarina corresponde a Río Caimito.

En el caso de las localidades de control; las dos marino-costeras corresponden a Belén y Punta Limón y la estuarina a Coclé del Norte. (Figura 1, Tabla 1).

Tabla 1. Coordenadas geográficas de las estaciones muestreadas en las 8 localidades.

LOCALIDAD	CONDICIÓN	AMBIENTE	ESTACIÓN	COORDENADAS
Belén 1	CONTROL	MARINO	1	E 511679.01 N 982825.08
			2	E 511475.93 N 983301.11
			3	E 511242.83 N 983754.3
			4	E 511018.54 N 984210.52
Petaquilla 2	INFLUENCIA	MARINO	1	E 524662.31 N 990075.44
			2	E 524429.2 N 990528.62
			3	E 524209.06 N 990968.85
			4	E 523988.91 N 991409.08
Punta Rincón 1 3	INFLUENCIA	MARINO	1	E 532958.14 N 996932.9
			2	E 532525.3 N 997173.48
			3	E 532075.6 N 997425.26
			4	E 531625.91 N 997665.84
Punta Rincón 2 4	INFLUENCIA	MARINO	1	E 533844.77 N 997678.67
			2	E 533731.83 N 998160.39
			3	E 533624.49 N 998653.32
			4	E 533511.54 N 999135.05
Río Caimito 5	INFLUENCIA	ESTUARIO	1	E 534991.82 N 997270.24
			2	E 534906.13 N 996775.32
			3	E 534910.35 N 996276.88
			4	E 534857.02 N 995785.57
San Roque 6	INFLUENCIA	MARINO	1	E 540671.32 N 1001412.46
			2	E 540438.22 N 1001865.63
			3	E 540218.07 N 1002305.86
			4	E 539997.93 N 1002746.09
Coclé del Norte 7	CONTROL	ESTUARIO	1	E 547282.04 N 1002913.54
			2	E 547697.57 N 1002781.57
			3	E 548067.85 N 1002674.31
			4	E 548456.4 N 1002562.98
Punta Limón 8	CONTROL	MARINO	1	E 561425.73 N 1009515.66
			2	E 561240.99 N 1009979.76
			3	E 561063.27 N 1010450.93
			4	E 560885.58 N 1010915.05

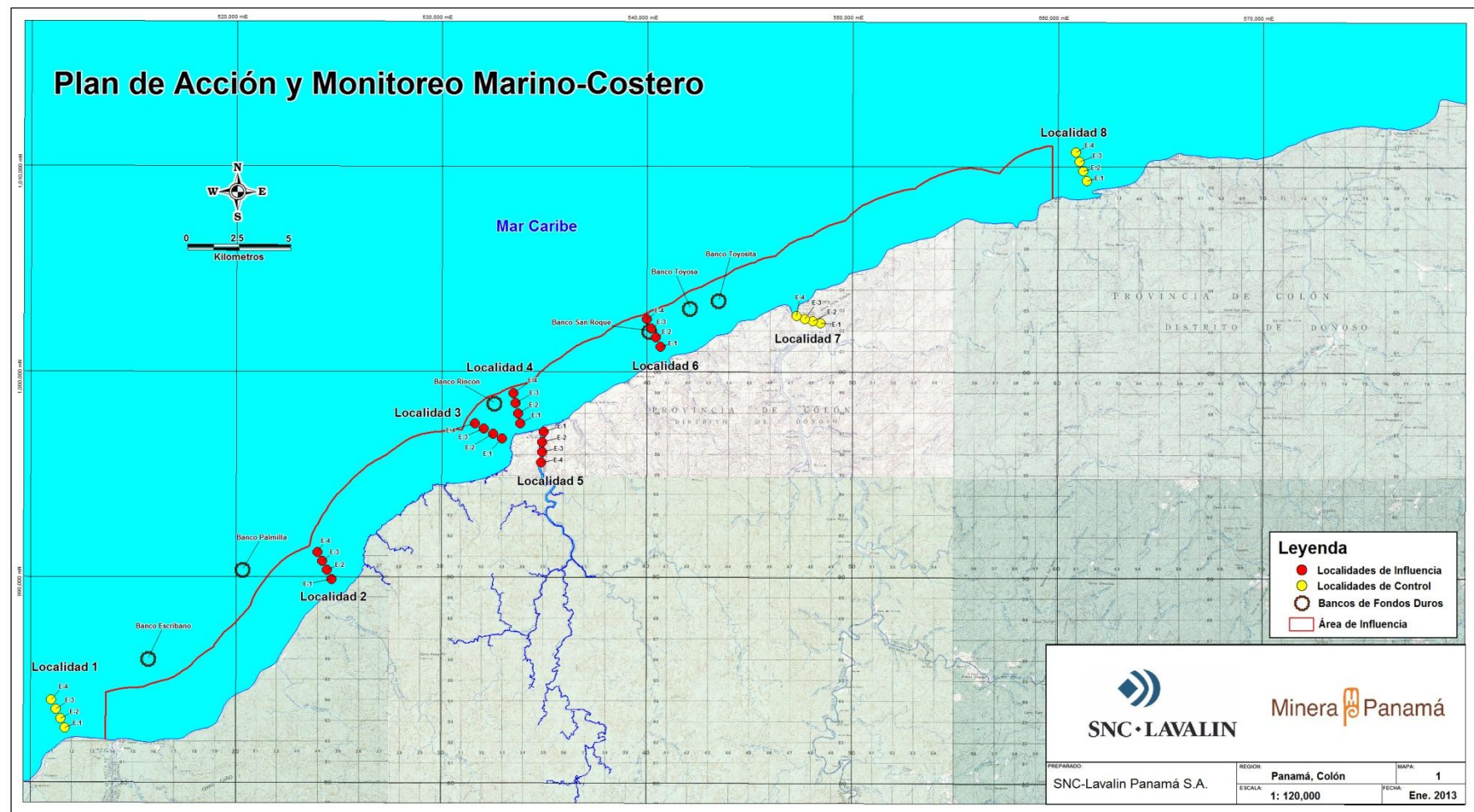


Figura 1. Ubicación de las ocho localidades, cada una con cuatro estaciones de muestreo. Las estaciones señaladas en rojo se encuentran en el área de influencia, y las amarillas corresponden a controles.

IV. METODOLOGÍA

IV.1 COLUMNA DE AGUA

En cada estación se tomaron muestras de agua integrada (entre 1-3 metros del fondo y 1-3 metros de la superficie) empleando una botella de captación para determinar sólidos totales suspendidos, aceites y grasas, TRPH, metales y PAH (Anexo D).

IV.1.1 Parámetros físico-químicos

En cada estación se registró la temperatura del agua, salinidad, oxígeno disuelto, saturación de oxígeno y pH con una sonda multiparamétrica (Hydrolab DS-5, Anexo D).

IV.1.2 Sólidos totales suspendidos

La concentración de sólidos totales suspendidos en la columna de agua, se determinó filtrando las muestras, utilizando filtros de fibra de borosilicato previamente preparados, siguiendo el método 340.2 (U.S. EPA 1993). Cada filtro se lavó con 60 ml de agua ultrapura ($147 \mu\text{S/cm}$ a 25°C) y se secó en la estufa a una temperatura de $100\text{-}110^\circ\text{C}$ al menos por una hora. Transcurrido este tiempo, el filtro se pesó en una balanza analítica. Luego se filtraron 200 ml de muestra y se secaron los filtros en la estufa durante 1 hora a $100\text{-}110^\circ\text{C}$. Después de 24 horas se tomó el peso constante del filtro para obtener los sólidos totales suspendidos por litro de muestra, tomando como referencia el peso inicial del filtro.

IV.1.3 Contenido de aceites y grasas y TPH,

Este análisis se realizó según el Método 9070A, el cual se basa en el Método 1664, Revisión A (U. S. EPA 1999). Se utilizaron 750 ml de la muestra de agua y se agregó 45 ml de n-hexano a un embudo de separación. Se extrajo el gas mediante agitación y se esperó a que se separen las fases acuosa y orgánica. Luego se descartó la fase acuosa en un recipiente limpio y la fase orgánica se filtró y se vertió en un frasco prepesado. Al embudo de separación, se le añadió de nuevo n-hexano y se repitió el procedimiento descrito para asegurar que se limpie bien la muestra de agua de mar y que se recoja la mayor cantidad de aceites y grasas. El frasco prepesado con la extracción total se llevó a la estufa a 100°C por un día y transcurrido este tiempo se determinó el peso constante. Posteriormente se le agregó al frasco 70-80 ml de n-hexano y se llevó al sonicador por 15 min. Luego se filtró la muestra, se llevó a la estufa por 1 día aproximadamente y se pesó el frasco con la muestra seca para determinar el contenido de TPH.

IV.1.4 Metales pesados en sólidos totales suspendidos

La concentración de metales en los sólidos totales suspendidos se determinó mediante el Método 3052 ICP-OES (U. S. EPA 1996). Para ello, se filtraron aproximadamente 500 ml del agua de muestra y se digirieron con una mezcla de 3 ml de H_2O_2 más 7 ml de HNO_3 en un Microondas (Milestone Ethos Touch control) durante 15 minutos. Posteriormente se filtraron las muestras digeridas, se aforaron a 100 ml, y se midió la concentración de los metales en un espectrómetro de emisión óptica acoplado a plasma (ICP-OES, Optima 2100 DV, Perkin Elmer).

Para determinar la concentración de mercurio se utilizó un analizador de mercurio Milestone modelo DMA-80. Se filtraron aproximadamente 500 ml de la muestra de agua y se colocaron los filtros en analizador de mercurio.

IV.1.5 Contenido de nitrógeno total orgánico y fósforo total

Para la determinación del contenido de nitrógeno total orgánico y fósforo total se utilizaron los Métodos SMEWW-4500 y SMEWW-3120, respectivamente.

IV.2 SEDIMENTOS

En cada estación se tomaron muestras de sedimento del fondo marino utilizando una draga tipo Ponar con una apertura de 15cm X 15cm (Anexo D).

IV.2.1 Análisis granulométrico

La determinación del contenido de materia orgánica se realizó mediante el método de la incineración suave a 550 °C por un período entre 1 y 2 horas en una mufla (Blue M Electric Company) (Jackson, 1970). Un gramo de la muestra previamente secada a 110 °C por al menos ocho horas, y homogeneizada en un mortero de porcelana, se colocó en un crisol de porcelana y se quemó en la mufla. Los crisoles se enfriaron dentro de un desecador de vidrio y se pesaron. La diferencia en peso indica el contenido de materia orgánica expresado como porcentaje de materia orgánica presente en la muestra. El contenido de carbono orgánico total se realizó mediante la técnica del ácido crómico con H_2SO_4 (método de Walkley-Black) (Gross, 1971).

El análisis de las muestras recolectadas se realizó utilizando el programa GRADISTAT (Blott y Kenneth, 2001), el cual calcula, basándose en Folk y Ward (1957) y en el método de los momentos, los estadísticos de tamaño de grano medio, clasificación, asimetría y curtosis.

IV.2.2 Contenido de aceites y grasas y TPH

Este análisis se realizó según el Método 1664 y 9071A (U. S. EPA 1999), utilizando como solvente una mezcla 1:1 acetona: hexano.

IV.2.3 Metales pesados

Para el análisis de los metales en los sedimentos, se utilizó el Método 3052 ICP-OE (U. S. EPA 1996). Se pesó aproximadamente un gramo de sedimento y se digirió con 10 ml de HNO₃ en un Microondas (Milestone Ethos Touch control) durante 20 minutos en 2 planchas de calentamiento. Las muestras se filtraron y se aforaron a 100 ml y se midió la concentración de los metales en un espectrómetro de emisión óptica acoplado a plasma (ICP-OES, Optima 2100 DV, Perkin Elmer).

IV.3 COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA Y ZOOPLANCTÓNICA

En cada estación se colectaron muestras de plancton utilizando una red tipo Bongo de 29 cm de embocadura, 120 cm de longitud y una abertura de malla de 80 micrones para el fitoplancton y 363 micrones para el zooplancton. La red estaba equipada con un flujómetro en posición central, para estimar el volumen de agua filtrada por la red. Se realizaron dos arrastres continuos desde una embarcación de manera horizontal a la superficial por 15 minutos en cada estación, a una velocidad aproximada de 1,5 nudos. Cada muestra colectada se guardó en recipientes de plástico debidamente rotulados y se preservaron en una solución de formalina básica al 4% (Anexo D).

IV.3.1 Microalgas

Las muestras fueron diluidas con agua de mar sintética en una relación 1:8, con el fin de visualizar las células de las microalgas, debido a la alta densidad de zooplancton recolectado en el arrastre. La alícuota de muestra se tomó luego de homogeneizar la misma manualmente a fin de asegurar la distribución homogénea de las células en el volumen de muestra. Posteriormente, 50 ml de cada muestra diluida fueron decantados en cámaras de sedimentación de fondo móvil durante 12 horas, luego de ser nuevamente homogeneizadas. El tiempo de decantación se estableció luego de decantar alícuotas de la misma muestra durante 6, 12, 18 y 24 horas seleccionando el menor tiempo de decantación en el que la diferencia en el número de especies de microalgas identificadas fuese menor al 2%.

La cuantificación e identificación de microalgas se realizó en un microscopio invertido Leika DMIL con contraste de fase, siguiendo las siguientes especificaciones:

- En cada muestra se observaron 100 campos de la cámara.
- Las especies coloniales, así como las filamentosas fueron cuantificadas como unidades de células.
- La identificación se realizó hasta la menor resolución taxonómica posible.

La densidad de microalgas en células por unidad de flujómetro fue calculada utilizando la ecuación siguiente, una vez ajustada la abundancia al número total de campos de la cámara y al factor de dilución:

$$\frac{cel}{Fl} = \left(\frac{N_{cel} \times v}{V} \right) \frac{1}{V_m}$$

Donde,
N_{cel}: número de células o abundancia
v: volumen concentrado.
V: volumen decantado.
V_m: volumen de agua filtrada.

El volumen de agua filtrada se calculó de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$V(m^3) = \frac{3,14 * (0,29m)^2 * ((f - I) * 26,873)}{4}$$

Donde,

F: Medida final de flujómetro

I: medida inicial de flujómetro

IV.3.2 Zooplancton

Cada muestra fue concentrada hasta un volumen predeterminado de 200 ml mediante la succión del agua a través de una malla de 25 micras de poro, garantizando así, la permanencia de los zooplánctones en la muestra, posteriormente, se tomó una fracción representativa de la muestra.

La muestra se observó bajo un microscopio estereoscópico marca Leika a un aumento mínimo de 25X, suficiente para la resolución de los organismos. Una vez contada la alícuota, la muestra fue restituida a su envase y volumen original.

Se contaron todos los organismos y se clasificaron hasta el menor taxón posible, para lo cual se usaron principalmente las siguientes claves: Copépodos: Campos y Suárez (1994), Razouls *et al* (2005-2012); Quetognatos: Conway *et al* (2003) y Alvaríño (1969); General: Conway *et al* (2003), Gasca y Suárez-Morales (1996).

El volumen filtrado para cada estación se estimó con la siguiente fórmula:

$$V = \pi r^2 R$$

En donde:

V: es el volumen filtrado en m³

r: es el radio de la boca de la malla (0,15 m)

R: es la distancia recorrida en m, la cual se estimó con la fórmula a continuación

$$R = VT$$

En donde:

V: velocidad, la cual se estimó en 2 nudos o lo que es igual a 3704 m/h

T: tiempo de arrastre, este valor fue de 15 min o 0,25h para todas las estaciones estudiadas

IV.4 COMUNIDAD BENTÓNICA

Para el análisis de la comunidad macrobentónica se colectaron tres muestras de sedimento en cada una de las estaciones descritas (Figura 1) utilizando una draga tipo Ponar con una apertura de 15cm X 15cm. El contenido total de estas dragas fue vertido en bolsas plásticas, y preservadas con formol al 10%. Para la captación de muestras de organismos megabentónicos se utilizó una rastra de aluminio con una apertura de 35cm x 55cm. En cada arrastre se registró la velocidad del barco, el tiempo y las coordenadas al inicio y al final del arrastre.

Las muestras fueron trasladadas hasta el laboratorio de Comunidades Marinas y Ecotoxicología de la Universidad Simón Bolívar donde fueron procesadas según el siguiente protocolo:

- Se lavó cada muestra sobre un tamiz de 0,5 mm de apertura de malla, con ayuda de agua corriente.

- La fracción del material retenido en el tamiz se preservó con alcohol 70%, y se coloreó con Rosa de Bengala.
- Luego de al menos 24 horas, se colocó la muestra en una bandeja de fondo blanco, y se separan los organismos del sedimento con la ayuda de una lámpara con lupa magnificadora y pinzas de disección.
- En cada muestra, se separaron y cuantificaron los organismos de los principales grupos taxonómicos (poliquetos, crustáceos, bivalvos, nemátodos, etc.). El grupo de los poliquetos fue identificado a nivel de familia.

IV.4.1 Análisis de datos de la comunidad bentónica

Con la matriz de datos de abundancia de la macrofauna, se realizaron análisis multivariados (n-MDS) empleando el programa PRIMER v.6 (Clarke & Gorley 2006) para determinar si se evidencia alguna ordenación de los datos de acuerdo a las localidades y estaciones de muestreo.

V. RESULTADOS SEGUNDA CAMPAÑA (Febrero-Marzo 2013)

V.1 COLUMNA DE AGUA

V.1.1 Parámetros físico-químicos de la columna de agua

En la Tabla A1 se presentan los resultados colectados con la sonda multiparamétrica tomados durante la campaña de campo en febrero de 2013.

V.1.2 Sólidos totales suspendidos (STS)

La concentración de sólidos totales suspendidos (STS) en el área de muestreo estuvo comprendida entre 8,3 y 90,3 mg/l (Tabla A2). Las concentraciones más altas de STS se registraron en las estaciones 2 y 3 de la localidad marino-costera 8 (Figura 2). La localidad estuarina 5 presentó las concentraciones más bajas de STS en todas sus estaciones (Figura 2).

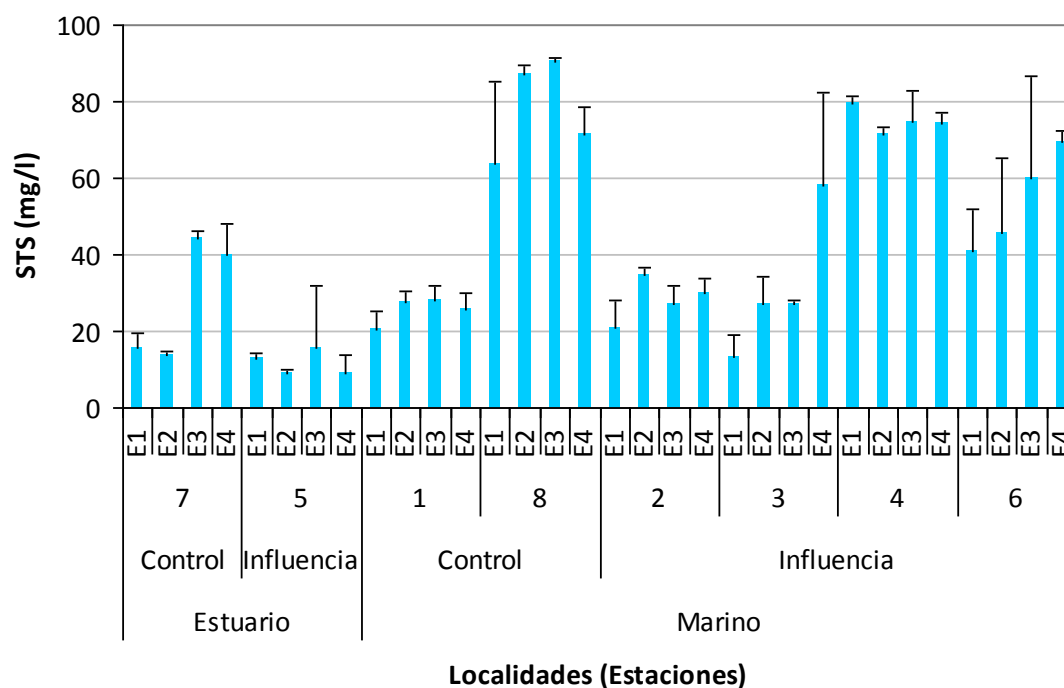


Figura 2. Concentración de sólidos totales suspendidos en las 8 localidades de muestreo en febrero de 2013.

V.1.4 Contenido de aceites y grasas e hidrocarburos totales de petróleo

En la Tabla A3 se muestran los valores promedio de la concentración de aceites y grasas (AyG) e hidrocarburos totales de petróleo (TPH) en la columna de agua durante el muestreo de febrero de 2013. Las concentraciones más altas de AyG y TPH se registraron en la localidades marino-costeras 1 (Control), 2, y 3 (influencia), mientras que en el resto de las localidades la presencia de estos contaminantes en la columna de agua fue muy baja (Figura 3).

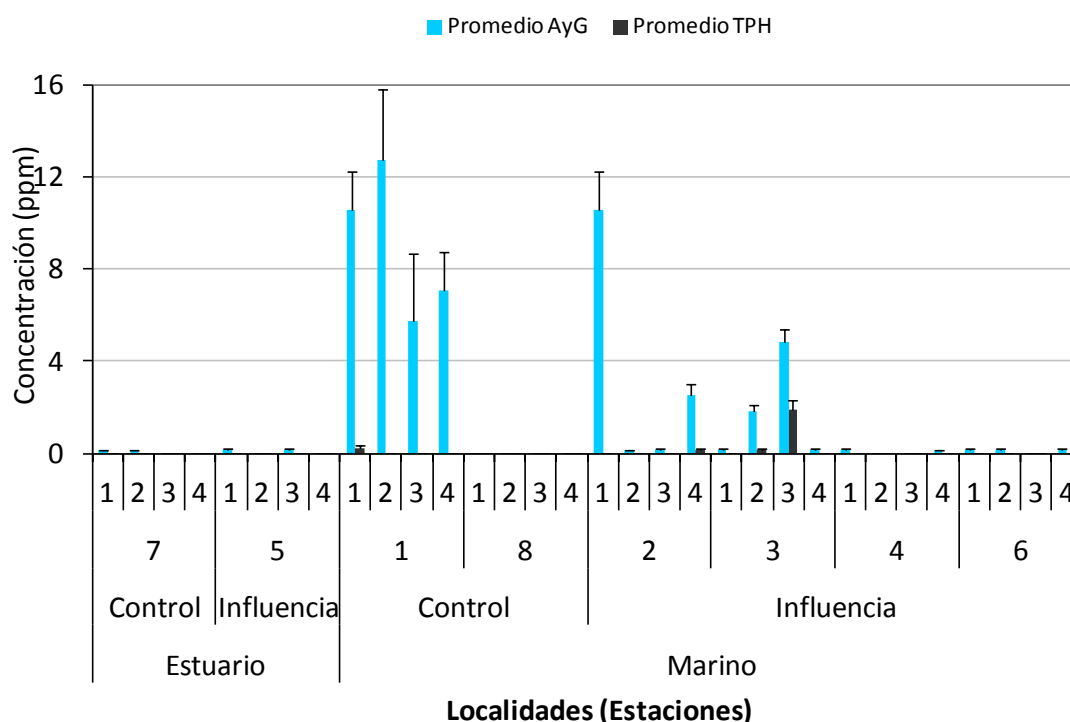


Figura 3. Contenido promedio (ppm) de aceites y grasas (AyG) e hidrocarburos totales de petróleo (TPH) en la columna de agua, en las 8 localidades de muestreo en febrero de 2013. Las barras de error denotan la desviación estándar.

V.1.5 Metales pesados en sólidos totales suspendidos

En la Tabla A4 se muestran los valores promedio de concentración de metales por estación, en cada una de las 8 localidades muestreadas.

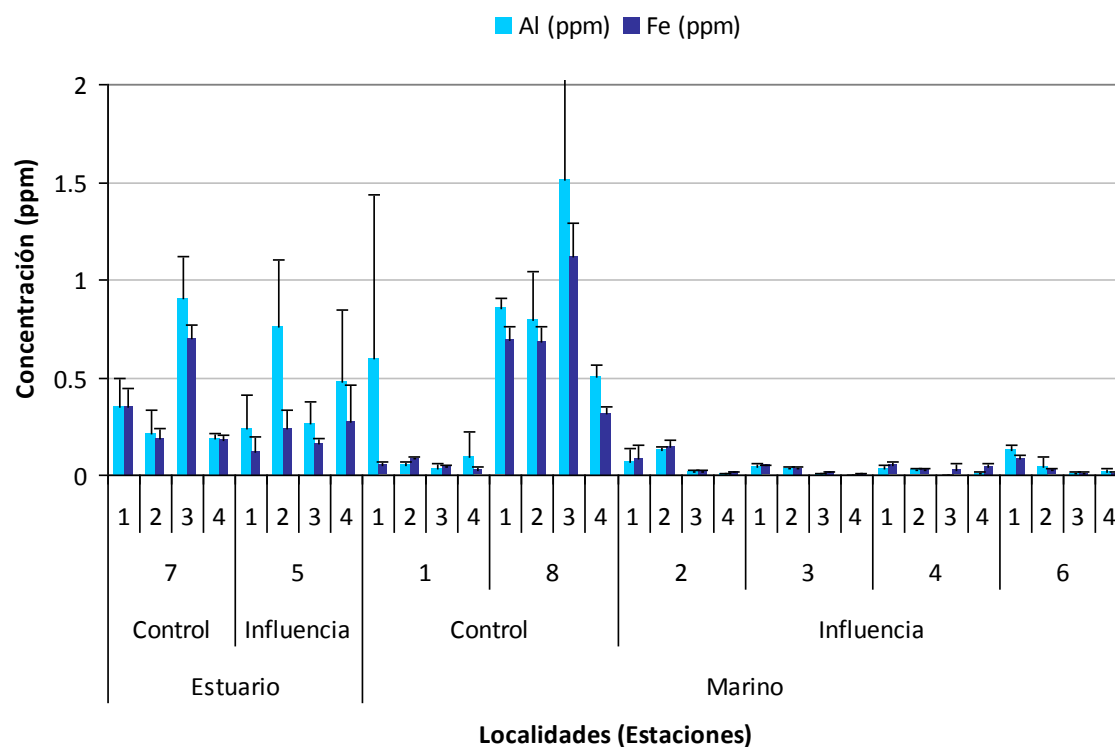


Figura 4. Concentración promedio de aluminio y hierro (ppm) en la columna de agua en las 8 localidades de muestreo (4 localidades por cada estación) en febrero de 2013. Las barras de error indican la desviación estándar.

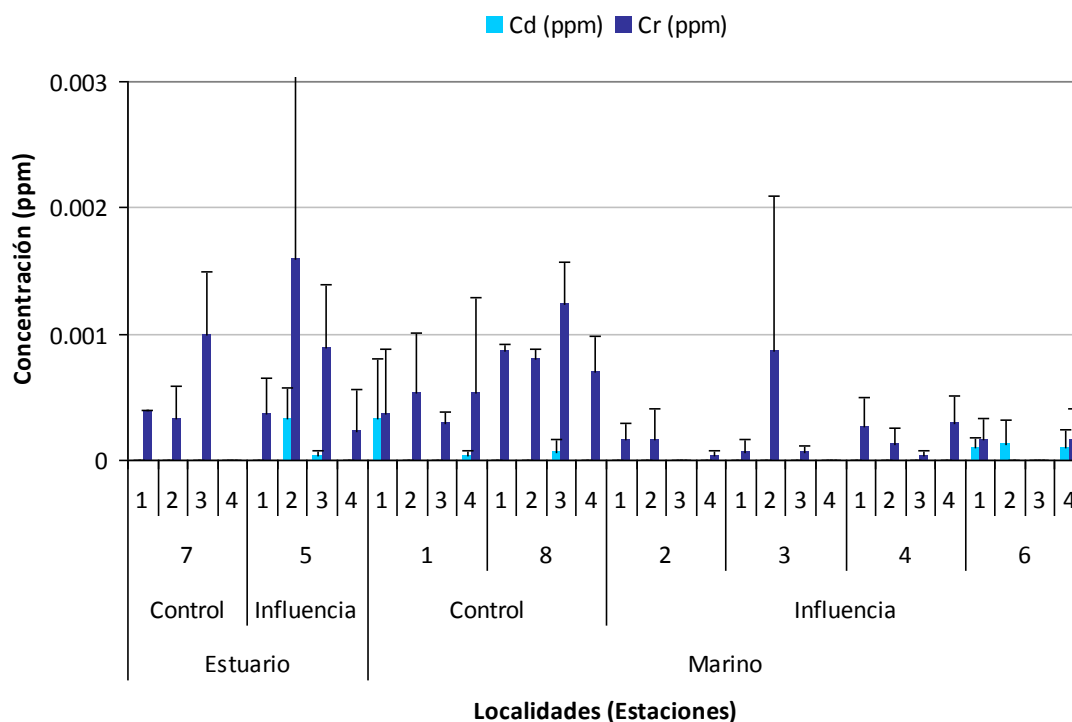


Figura 5. Concentración promedio (ppm) de cadmio y cromo en la columna de agua en las 8 localidades de muestreo (4 localidades por cada estación) en febrero de 2013. Las barras de error indican la desviación estándar.

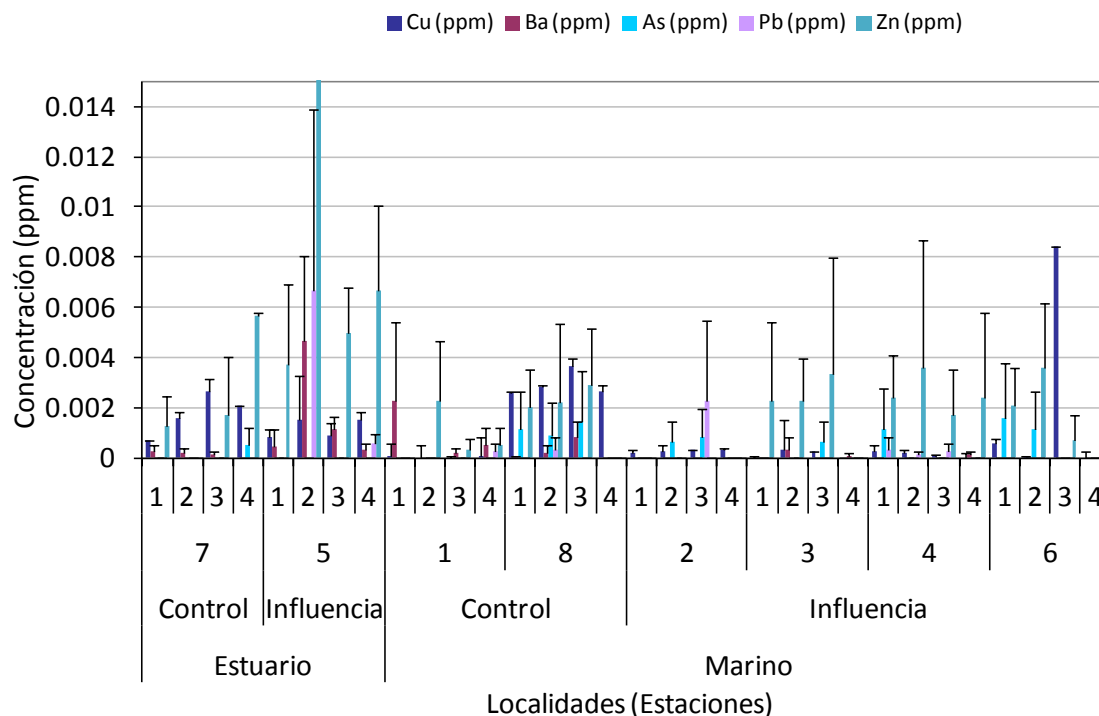


Figura 6. Concentración de metales pesados (cobre, bario, arsénico, plomo y zinc) en la columna de agua en 8 localidades de muestreo (4 localidades por cada estación) en febrero de 2013. Las barras de error indican la desviación estándar.

V.2 SEDIMENTOS

V.2.1 Análisis granulométrico

Los sedimentos presentaron una composición granulométrica definida por sedimentos arenosos y fangosos (Figura 7, Tabla A5), compuestos casi en su totalidad por dos tipos de sedimentos, “arena ligeramente fangosa” y “fango ligeramente arenoso” (Tabla A5). Las muestras marino-costeras presentaron sedimentos arenosos-fangosos, mientras que las estuarinas presentaron sedimentos arenosos a muy ligeramente fangosos (Tabla A5). La distribución de las fracciones arenosas presentó un predominio de arenas finas y muy finas para las estaciones marino-costeras, y de arenas medias para las estaciones estuarinas (Figura 8).

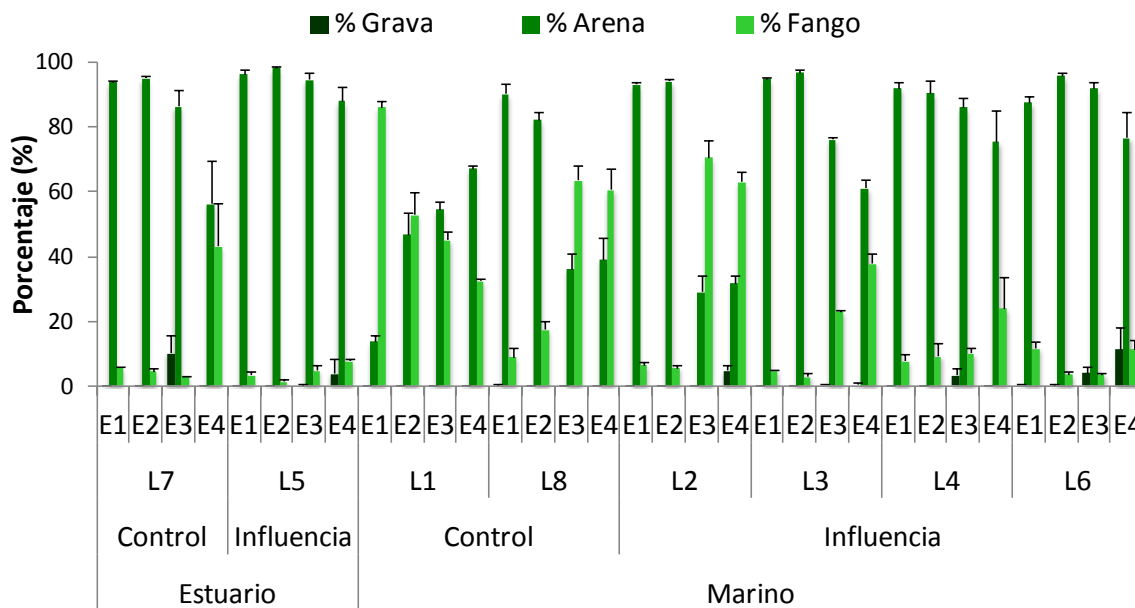


Figura 7. Composición granulométrica (%) del sedimento en 3 localidades de muestreo (4 estaciones en las localidades 1 y 2, y una estación en la localidad 3) en febrero de 2013.

Los parámetros estadísticos indican, que tanto los sedimentos marino-costeros como los estuarinos son mayoritariamente muestras bimodales a excepción de las muestras de las estaciones marino-costeras L1E1, L1E2, L1E3, L 6E1, L8E2, L8E3 y L8E4 que presentaron una distribución unimodal (Tabla 2).

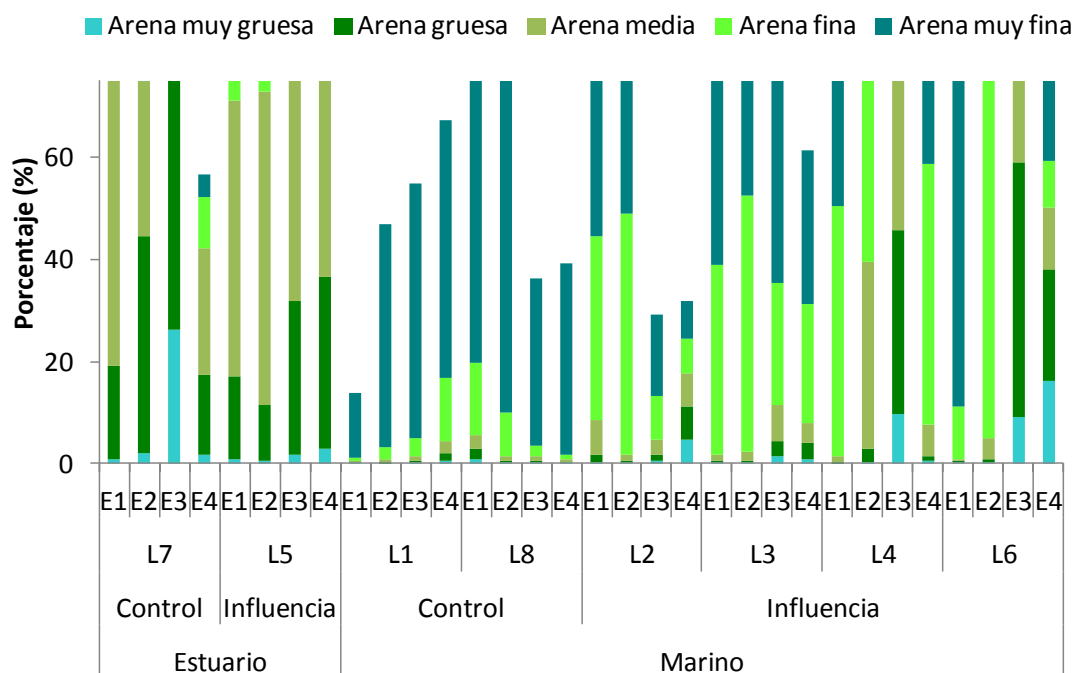


Figura 8. Composición de las arenas (%) del sedimento en 3 localidades de muestreo (4 estaciones en las localidades 1 y 2, y una estación en la localidad 3) en febrero de 2013.

La distribución del tamaño medio de grano (Mz) (Tabla 2, Figura 8) mostró que las muestras fluctúan entre arenas muy finas y limos gruesos, a excepción de las muestras marino-costeras L4E3, L6E3, L6E4 que presentan Mz equivalentes a arenas medias compuestas por sedimentos bioclásticos (conchas y organismos calcáreos), las cuales están influenciadas por bancos de fondos duros próximos a las estaciones de muestreo, mientras que las muestras estuarinas L5E1, L5E3, L5E4, L7E1, L7E2, L7E3 exhibe Mz correspondientes a arena media para las 5 primeras y grava fina (gránulos) para la última como consecuencia de la ubicación aguas arriba del río donde se presenta una mayor energía cinética que acarrea sedimentos de mayor tamaño por efecto de pendientes más abruptas.

En cuanto a la clasificación ($S\phi$) que representa el grado de similitud o variabilidad entre las partículas que componen un grupo de sedimentos (Tabla 2), las muestras presentan una distribución estadística con valores correspondientes a arenas moderadamente bien escogidas para las estaciones L2E2, L3E1, L3E2, L5E2, L6E1; de moderadamente escogidas para las estaciones L2E1, L4E1, L4E2, L5E1, L5E3 y L6E3, L7E2, L7E3, L8E1 y L8E2; de pobremente escogida para las estaciones L1E1, L1E2, L1E3, L1E4, L2E3, L3E3, L3E4, L4E3, L4E4, L5E4, L7E1, L8E3 y L8E4; y de muy pobremente escogida para las estaciones L2E4, L6E4 y L7E4.

Con respecto si los datos se distribuyen de forma uniforme alrededor del punto central (media aritmética), el parámetro de asimetría (Sk) (Tabla 2) varía entre -0,4385 a 0,7336, con un predominio de valores asimétricos con tendencia positivas o hacia las partículas finas (asimetría fina a muy fina).

Por último, el parámetro de curtosis (K) que representa el grado de concentración que presentan los valores en la región central de la distribución (Tabla 2) indica que las muestras presentan una distribución entre platicúrtica a muy leptocúrtica con un

predominio de distribuciones leptocúrticas, con un alto grado de concentración alrededor de los valores centrales del tamaño medio. Por lo general las estaciones ubicadas cerca de la costa presentan una distribución platicúrtica (alta dispersión o baja concentración alrededor del valor central) con una mayor variedad de tamaños por las variaciones energéticas del oleaje y las corrientes litorales (Márquez-García et al.2010).

Tabla 2. Parámetros estadísticos descriptivos del análisis granulométrico de las muestras de sedimentos superficiales en las 8 localidades de muestreo.

Ambiente	Condición	Localidad	Estación	Tamaño medio	Clasificación	Asimetría	Curtosis
Estuario	Control	L7	E1	1.7	1.01	0.22	4.0
			E2	1.4	0.79	-0.04	1.2
			E3	0.3	0.85	-0.36	1.2
			E4	3.6	2.4	0.21	0.76
	Influencia	L5	E1	1.8	0.89	0.12	1.2
			E2	2.0	0.63	0.27	1.0
			E3	1.4	0.82	-0.10	1.4
			E4	1.4	1.2	-0.006	2.0
Litoral	Control	L1	E1	5.7	1.4	0.007	0.73
			E2	4.9	1.4	0.60	0.72
			E3	4.7	1.4	0.73	0.84
			E4	4.3	1.5	0.48	1.5
		L8	E1	3.5	0.83	-0.24	4.1
			E2	3.9	0.84	0.41	4.8
			E3	5.2	1.5	0.33	0.66
			E4	5.1	1.4	0.42	0.67
	Influencia	L2	E1	3.3	0.81	-0.28	1.2
			E2	3.3	0.61	0.02	0.78
			E3	5.2	1.7	0.00	0.82
			E4	4.4	2.7	-0.27	0.88
		L3	E1	3.4	0.53	-0.44	0.62
			E2	3.1	0.53	0.39	0.59
			E3	3.8	1.5	0.19	2.0
			E4	4.2	1.8	0.30	1.0
		L4	E1	3.2	0.74	0.31	1.1
			E2	2.5	1.0	0.11	1.5
			E3	1.4	1.5	0.42	2.0
			E4	3.6	1.4	0.57	1.5
		L6	E1	3.7	0.66	0.20	4.4
			E2	3.0	0.56	0.41	1.6
			E3	1.0	0.89	0.23	1.3
			E4	1.7	2.1	0.19	1.2

V.2.2 Contenido de materia orgánica

El contenido de materia orgánica para las muestras marinas fue inferior a 15% en la mayoría de las localidades, a excepción de las localidades 2 y 6 que presentaron un porcentaje de 17% y 21%, respectivamente (Figura 9). Por su parte, las muestras estuarinas presentaron un contenido de materia orgánica inferior al 10%, lo cual podría asociarse a un mayor tamaño de sedimentos, menor proporción de material arcilloso y materia orgánica de origen terrestre con un alto nivel de lavado o lixiviación.

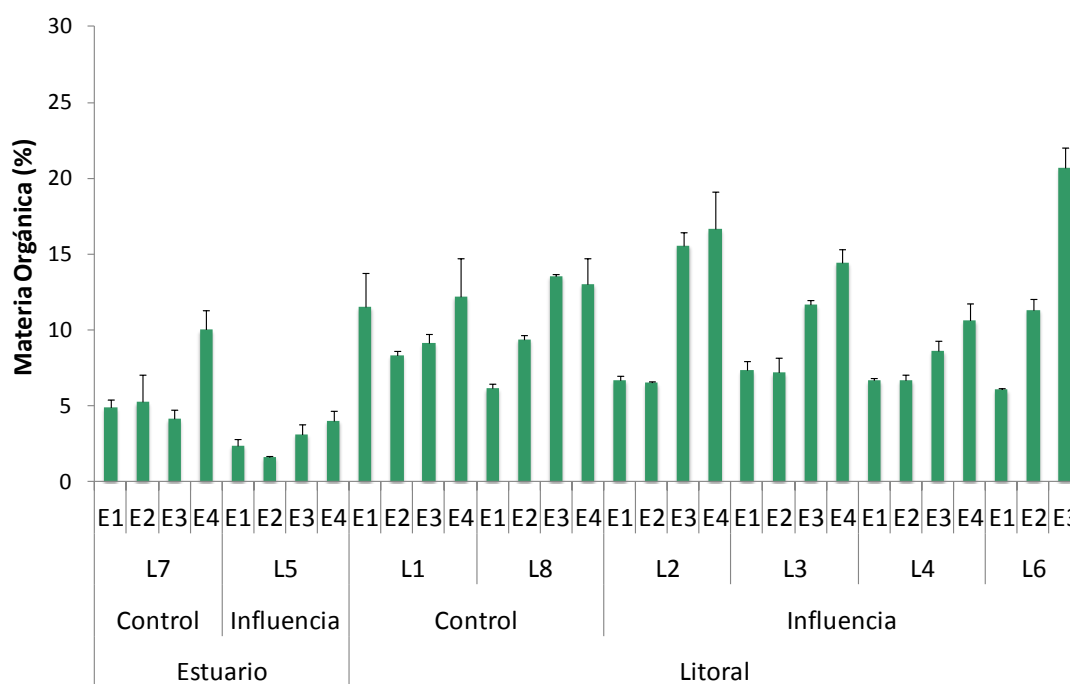


Figura 9. Contenido de materia orgánica total expresado en porcentaje (%) en las 8 localidades de muestreo (4 estaciones en cada localidad), en febrero de 2013.

El contenido de carbono orgánico para las muestras marino- costeras fue inferior a 2%, con valores que oscilaron entre 0,07% y 1,90% % (Figura 10). Se observa que a medida que las muestras se encuentren más alejadas a la costa el porcentaje de carbono orgánico total incrementa, mientras que las muestras estuarinas presentaron un contenido de carbono orgánico menor al 1% (Figura 10).

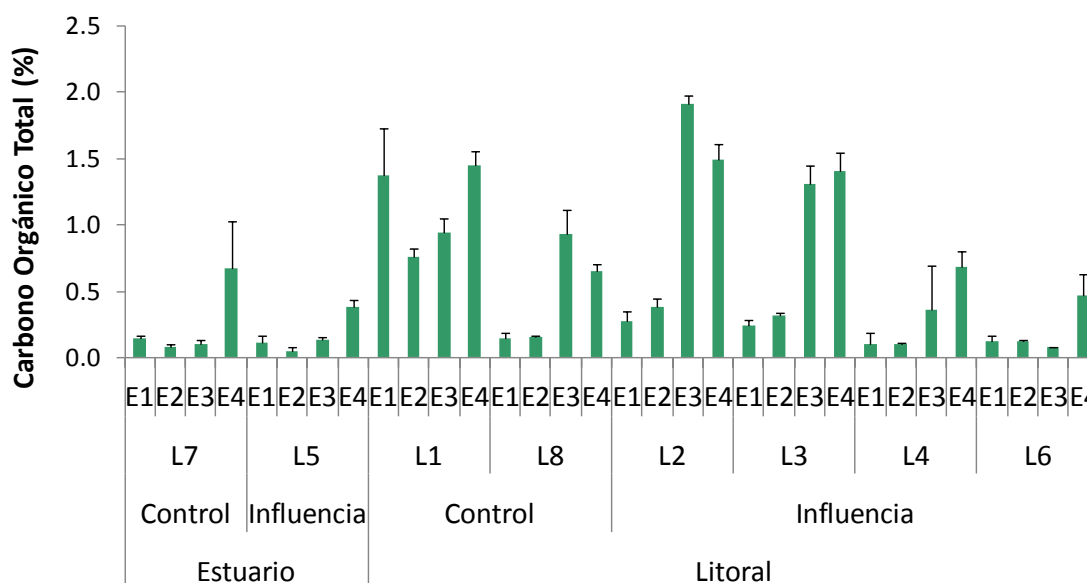


Figura 10. Contenido de carbono orgánico total expresado en porcentaje (%) en las 8 localidades de muestreo (4 estaciones en cada localidad), en febrero de 2013.

V.2.3 Contenido de nitrógeno y fósforo

El contenido de nitrógeno total orgánico fue no detectable ($<0,5$ mg/L) en todas las muestras de sedimentos analizadas. Por su parte, el contenido de fósforo tampoco pudo ser detectado ($<0,05$ mg/L) en la mayoría de las estaciones, a excepción de las localidad 3, 5 y 8 (Tabla A6).

V.2.4 Contenido de aceites y grasas e hidrocarburos totales de petróleo

En la Tabla A7 se muestran las concentraciones promedio (ppm) de aceites y grasas (AyG) e hidrocarburos totales de petróleo (TPH) en los sedimentos superficiales.

Las concentraciones más altas de AyG y TPH se registraron en la localidad estuarina 7 (Cloclé del Norte) y en la localidad marino-costera 1 (Belén, Figura 11). Tanto en la estación 4 como en la estación 1 de dichas localidades, las concentraciones de AyG superaron el límite sugerido (>10000 ppm) para sedimento contaminados (Figura 11).

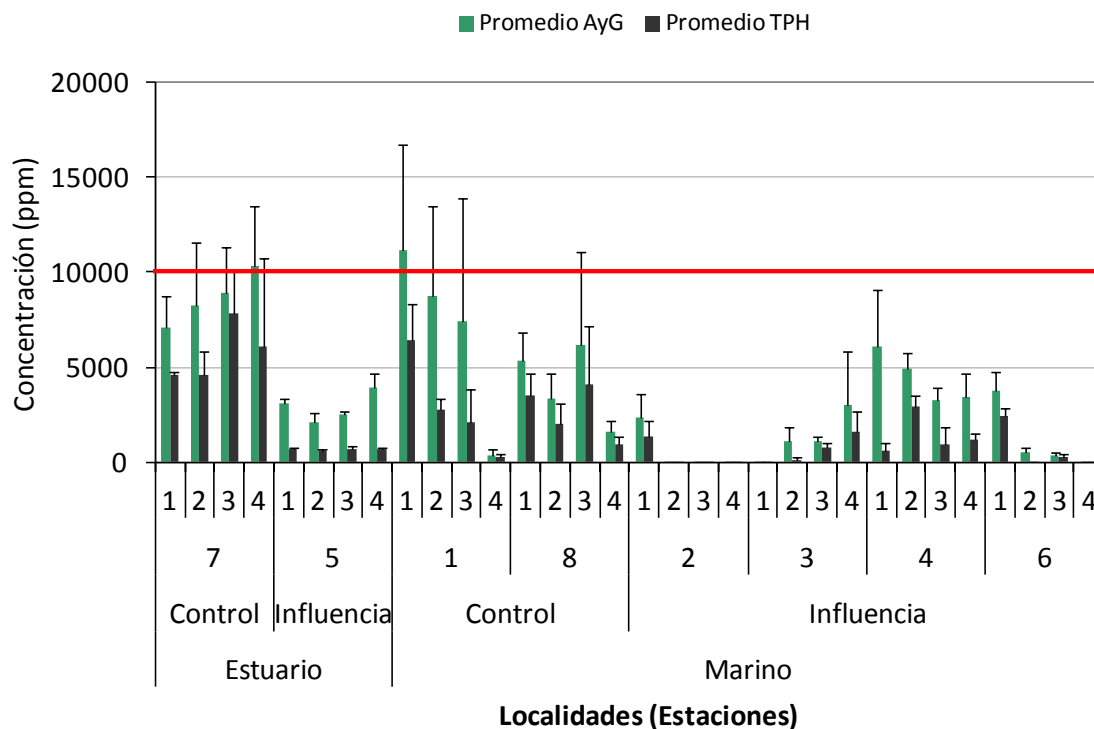


Figura 11. Concentración promedio (ppm) de aceites y grasas (AyG) e hidrocarburos totales de petróleo (TPH) en sedimento, en las 8 localidades de muestreo (4 estaciones por cada localidad), en febrero de 2013. Las barras de error denotan las desviaciones estándar del promedio, y la línea roja, el límite sugerido para sedimentos contaminados ([AyG] >10000 ppm).

V.2.5 Metales pesados

Los metales que presentaron la mayor concentración fueron el hierro y el aluminio (Figura 12, Tabla A8), ambos de origen terrígeno. La localidad estuarina 7 y la localidad marino-costera 8; presentaron las mayores concentraciones tanto de aluminio como de hierro (Figura 12).

En cuanto a la concentración de los metales pesados plomo, cadmio, cromo y arsénico, se observó un patrón espacial similar entre las localidades. En las localidades estuarinas, la localidad 7 (control) presentó mayores concentraciones de estos metales que la localidad 5 (influencia) (Figura 13). En cuanto a las localidades marino- costeras, la localidad 8 (control) presentó las concentraciones más altas, seguida de la localidad 6 (influencia) (Figura 13).

El zinc presentó un comportamiento similar para todas las localidades, siendo las localidades marino-costeras 2 y 3 (influencia) las que presentaron las mayores concentraciones (Figura 14). Por su parte, el bario y el cobre, presentaron una alta concentración en los sedimentos de las localidades estuarinas, en comparación a las localidades marino-costeras, a excepción de la localidad costera 1, la cual presentó la mayor concentración de bario (Figura 14).

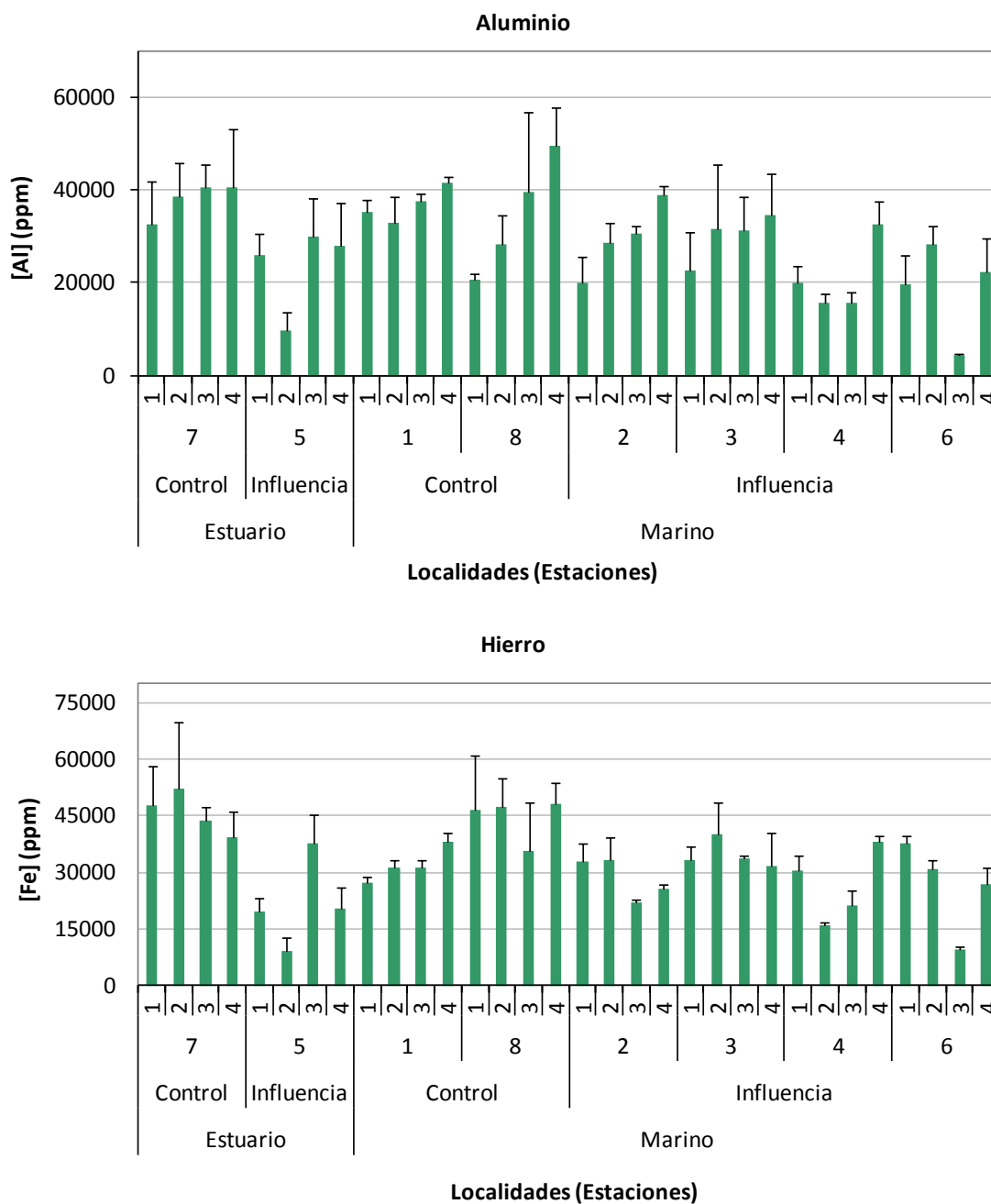


Figura 12. Concentración (ppm) de aluminio (Al) y hierro (Fe) en sedimento, en las 8 localidades de muestreo (4 estaciones por cada localidad), en febrero de 2013.

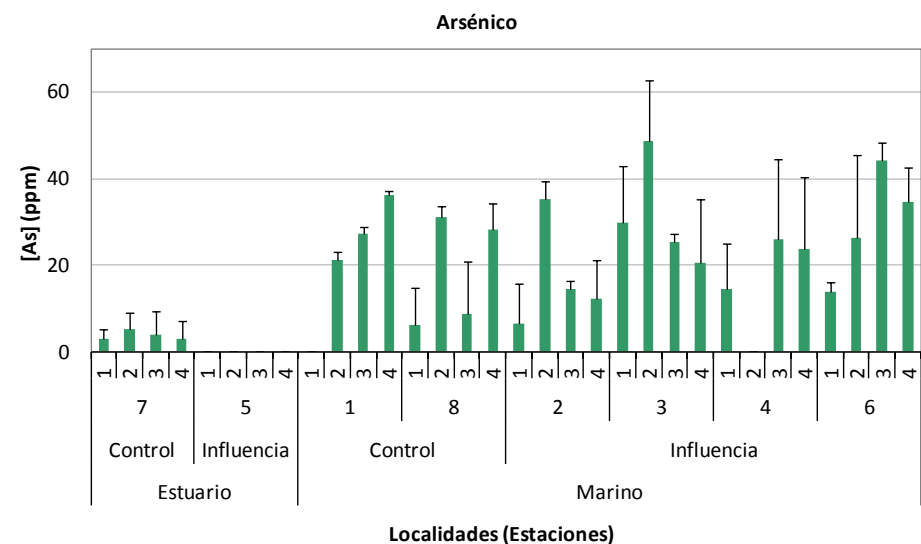
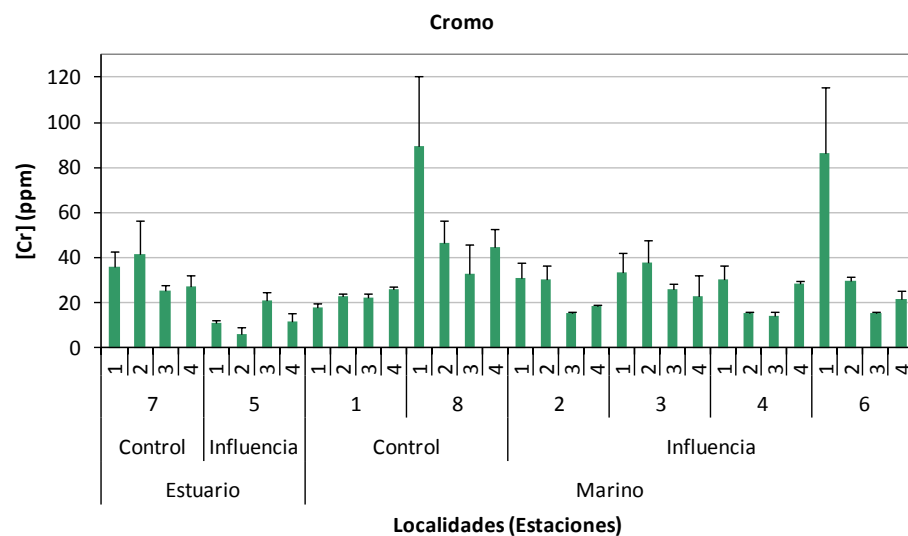
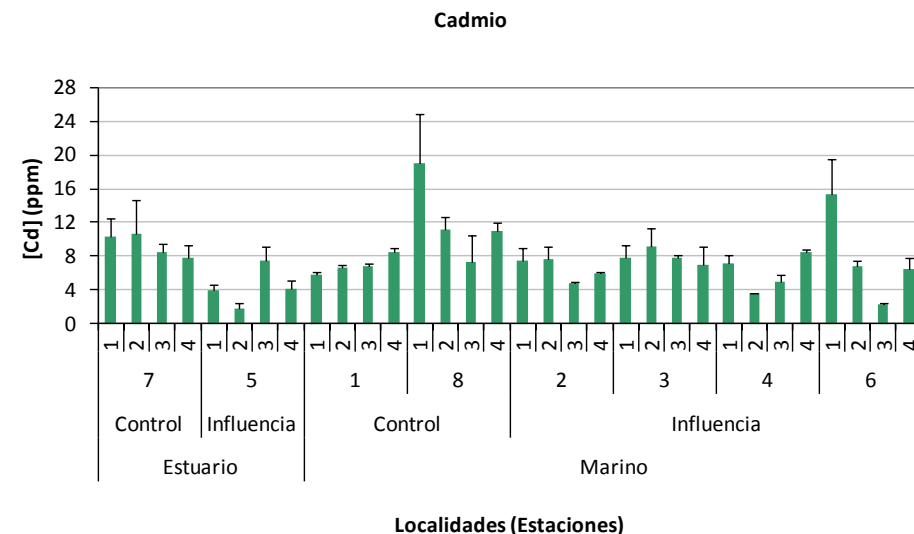
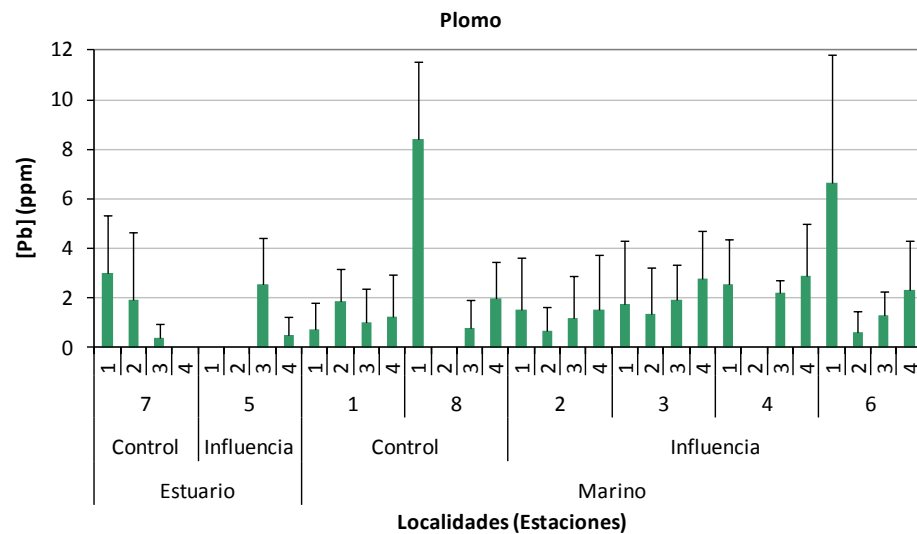


Figura 13. Concentración (ppm) de metales pesados (Plomo, Cadmio, Cromo y Arsénico) en los sedimentos de las 8 localidades de muestreo (4 estaciones por cada localidad) en febrero de 2013.

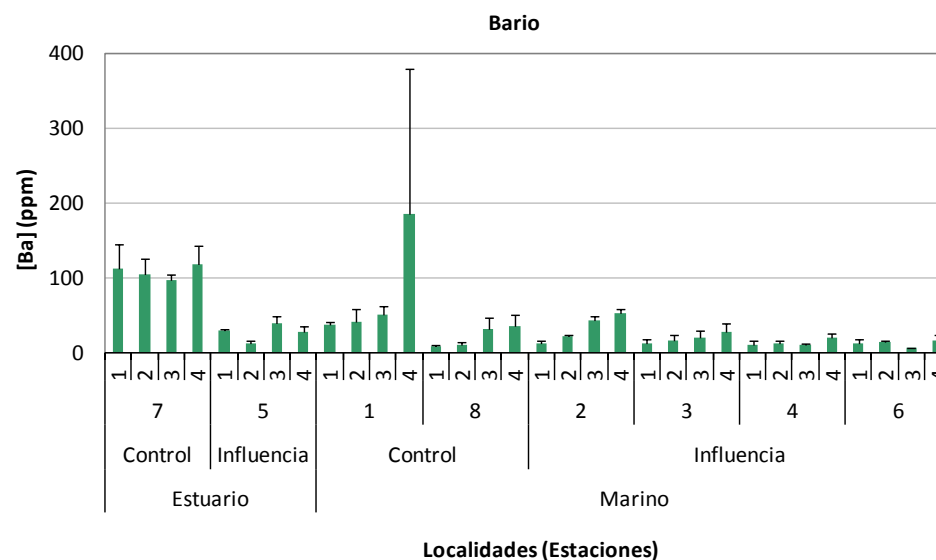
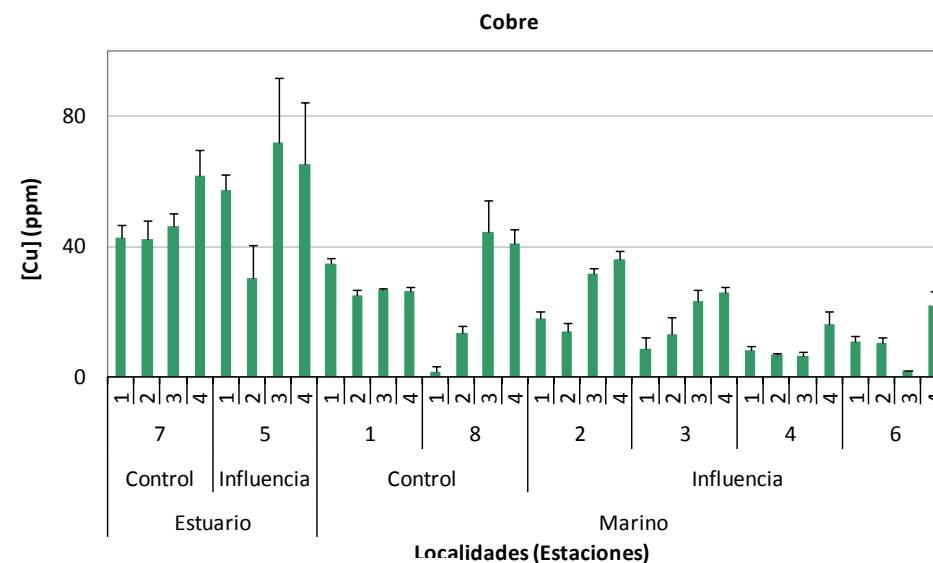
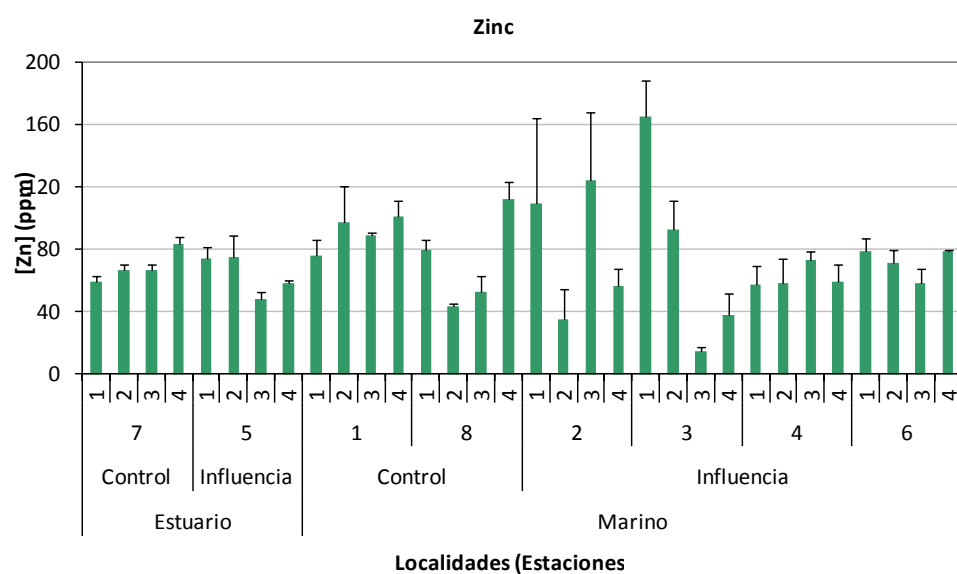


Figura 14. Concentración (ppm) de metales pesados (Zinc, Cobre y Bario) en los sedimentos de las 8 localidades de muestreo (4 estaciones por cada localidad) en febrero de 2013.

Con la finalidad de determinar si la concentración de los metales pesados encontrados en los sedimentos pueden afectar a los organismos bentónicos, se compararon las concentraciones de cada uno de los metales con aquellas que causan efecto tóxico en los organismos expuestos (ERL: rango de efecto bajo, ERM: rango de efecto medio; Long y Morgan, 1990, Tabla 3).

En los muestreos realizados en febrero de 2013, el cadmio fue el único metal que alcanzó los niveles de efecto bajo (ERL) y efecto medio (ERM) para la biota (Tabla 3).

Tabla 3. Concentración mínima (Min) y máxima (Max) expresada en ppm de los metales Pb, Cd, Cr, Zn Cu y As. (ERL: rango de efecto bajo, ERM: rango de efecto medio; Long y Morgan 1990). Los valores resaltados en gris claro superan el ERL, los valores enmarcados en gris oscuro superan el ERM.

	ERL	ERM	ERL	ERM	ERL	ERM	ERL	ERM	ERL	ERM	ERL	ERM
	47	218	1,2	9,6	81	370	150	410	34	270	8,2	70
	Pb (ppm)		Cd (ppm)		Cr (ppm)		Zn (ppm)		Cu (ppm)		As (ppm)	
Localidad	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx
1	0	3,69	5,52	9,20	16,1	27,9	54,7	89,1	23,1	36,1	0	37,3
2	0	4,65	4,53	9,49	14,6	39,9	44,9	89,3	10,8	39,0	0	38,9
3	0	5,33	4,16	11,4	9,28	46,3	67,1	126	4,06	27,9	0	66,8
4	0	5,03	3,45	8,90	13,0	38,7	38,8	127	4,69	20,6	0	42,1
5	0	4,44	0,82	9,6	2,94	26,5	12,6	187	15,5	99,4	0	0
6	0	12,6	2,07	18,8	14,3	112	13,3	184	1,35	27,0	0	47,3
7	0	5,77	5,64	16,2	19,9	62,9	43,1	81,0	36,5	72,8	0	11,7
8	0	12,8	3,16	27,2	14,5	133	46,6	90,4	0	54,4	0	34,5

Adicionalmente, para identificar las estaciones que presentan concentraciones de cadmio con posibles fuentes diferentes a la cantidad natural existente en la corteza terrestre, se calculó el factor de enriquecimiento (FE) para este metal. Para ello se utilizaron los valores de abundancia natural en la corteza terrestre (Taylor 1964) y la concentración de cadmio en cada estación. Este índice permite evaluar el grado de contaminación por metales ya que indica cuánto se acerca (< 1) o supera (> 1) la concentración del metal, con respecto a la concentración natural de ese elemento en la corteza terrestre. Se seleccionó el hierro como elemento de normalización debido a que el aporte de este metal proviene de fuentes naturales y sus concentraciones fueron similares en todas las localidades de estudio.

En la Figura 15 se muestra el factor de enriquecimiento del cadmio en las ocho localidades muestreadas. Según la clasificación de Birth (2003) los valores de $FE < 1$ indican que no existe enriquecimiento, $FE > 3$ corresponde a un enriquecimiento menor, $FE = 3-5$ a un enriquecimiento moderado, $FE = 5-10$ un enriquecimiento de moderado a severo, $FE = 10-25$ enriquecimiento severo, $FE = 25-50$ enriquecimiento muy severo, y $FE > 50$ enriquecimiento extremadamente severo. En este sentido, se observó que, al igual que en la campaña anterior, en todas las localidades el enriquecimiento por cadmio fue de muy severo a extremadamente severo (Figura 15).

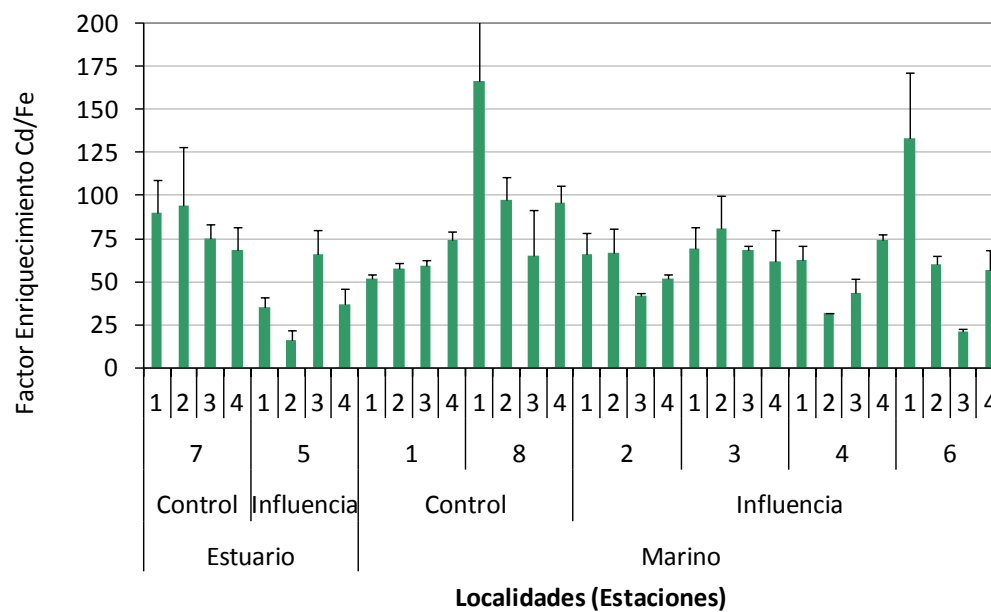


Figura 15. Factor de enriquecimiento del Cadmio (normalizado por la concentración de Hierro) en los sedimentos de las 8 localidades de muestreo (4 estaciones por cada localidad) en febrero de 2013.

V.3 COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA Y ZOOPLANCTÓNICA

V.3.1 Riqueza de microalgas

Se identificaron un total de ochenta y cuatro (84) especies de microalgas (Anexo 1), pertenecientes a cuatro grupos funcionales: Diatomeas, Dinoflagelados, Clorofitas y Cianobacterias. En términos de riqueza (número de especies), las diatomeas (Bacillariophyceae) constituyeron el grupo dominante representando el 68,97% (60 especies), seguidas de los dinoflagelados (Peridinia) con 14,94% (13 especies), Las clorofitas (Chlorophyceae) con 11,49% (10 especies) y por último las cianobacterias (Cyanophyceae), las cuales representaron sólo el 4,60% (4 especies) de la riqueza (Figura 16A).

Espacialmente, la riqueza promedio no mostró una variación amplia entre las localidades con un rango entre 2 y 4 especies por localidad (Figura 16B). Las localidades L3 y L7 mostraron valores de riqueza inferiores.

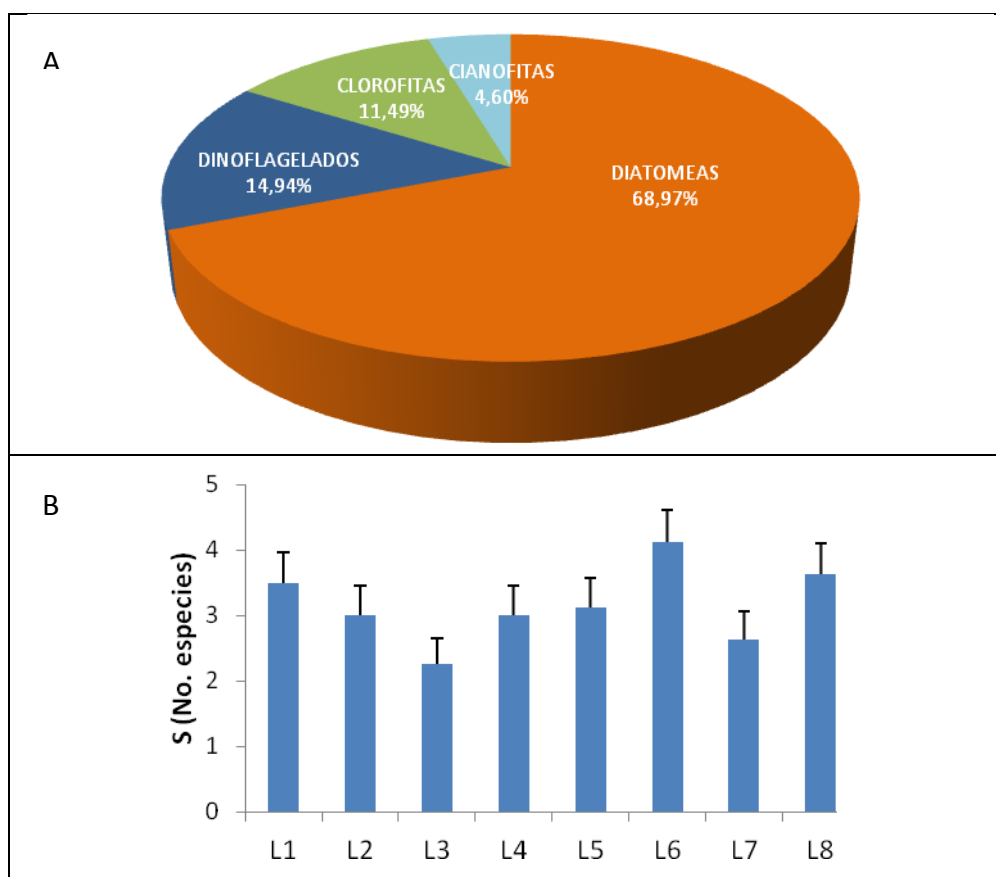


Figura 16. Riqueza relativa (A) y riqueza promedio $\pm$ D.E. (B) expresada en número de especies de los ensamblajes fitoplanctónicos.

Debe tomarse en consideración que los ensamblajes o comunidad fitoplanctónica reportada corresponde a la fracción superior del microfitoplancton (100-80 μ), debido a la selectividad del muestreador utilizado (luz de malla). La fracción media, así como la

inferior (células inferiores a las 80 μ + no identificables con microscopía convencional – *nano* y *picoplancton*–) no está considerada y por tanto, la riqueza fitoplanctónica está subestimada.

V.3.2 Composición

En el caso de las diatomeas, el mayor número de especies correspondió a diatomeas planctónicas (67,76%) y el 32,24% a tipos bentónicos epipsálmicos, de los géneros *Nitzschia*, *Amphora* y *Navicula*. Las especies con mayor frecuencia de aparición en las muestras fueron las diatomeas planctónicas céntricas *Coscinodiscus radiatus*, *Melosira*, *Chaetoceros constrictus*, *C. convolutus*, *C. affinis*, *Biddulphia biddulphiana*, *C. danicus*, *Cotethron* y *Bacillaria* (Figura 17A). Se identificaron diatomeas de ambientes dulceacuícolas, como *Fragilaria capucina*, *F. crotonensis* y *Nitzschia acicularis* (Figura 17B). Asimismo se identificó un consorcio compuesto por dos especies de diatomeas, el cual tuvo la mayor frecuencia de aparición en las muestras analizadas.

En el caso de los dinoflagelados, todas las especies identificadas correspondieron a formas armadas. Las especies con mayor frecuencia de aparición fueron el dinophysial *Ornithocercus magnificus*, el gonyaulácido *Neoceratium macroceros* y el protoperidinal *Protoperidinium depressum*. *O. magnificus* fue identificado en todas las localidades, excepto en L1, igualmente, *P. depressum* se identificó en las localidades L1 a L5, mientras que *N. macroceros* sólo se identificó en las localidades 1-2 y 6-8. En las localidades 6 y 4 se identificaron quistes de dinoflagelados, lo que podría indicar re-suspensión de sedimentos.

Se identificaron cuatro (4) géneros de cianobacterias: *Oscillatoria* sp., *Anacystis* sp., *Gleocapsa* sp. y *Arthrospira* sp. De éstas, *Oscillatoria* sp. fue la que mostró mayor frecuencia de aparición en la localidad L8 mientras que *Anacystis* sp. fue identificada en las localidades L1, L2 y L5.

A diferencia de la primera campaña de muestreo, en esta oportunidad se identificaron más de 4 especies de clorofitas, muchas de las cuales son típicas de sistemas dulceacuícolas y salobres; lo que indica una mayor influencia de los ríos en este período sobre las estaciones costeras muestreadas en el estudio. Igualmente, las muestras analizadas presentaron una gran cantidad de materia orgánica (mucus, hojas de árboles, ramas, etc.). En este sentido, 5 de las 10 especies de clorofitas identificadas corresponden a especies dulceacuícolas y éstas fueron identificadas en todas las localidades, excepto L1 y L3 (Figura 18).

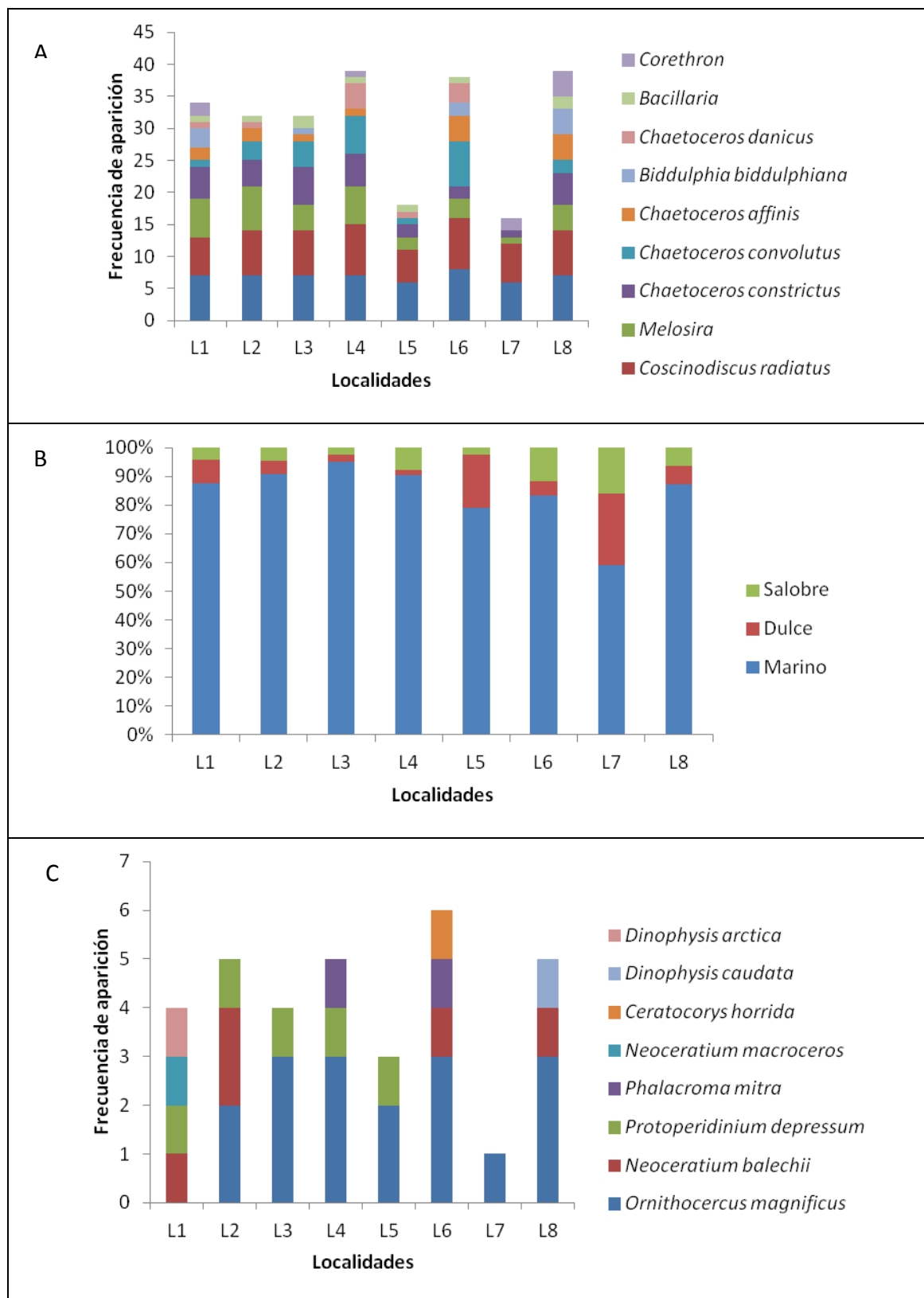


Figura 17. Número promedio de células por muestra de las especies de diatomeas con mayor frecuencia de aparición (A) y proporción de especies de diatomeas de acuerdo al hábitat (B) y Número promedio de células por muestra de las especies de dinoflagelados (C) de los ensamblajes fitoplanctónicos.

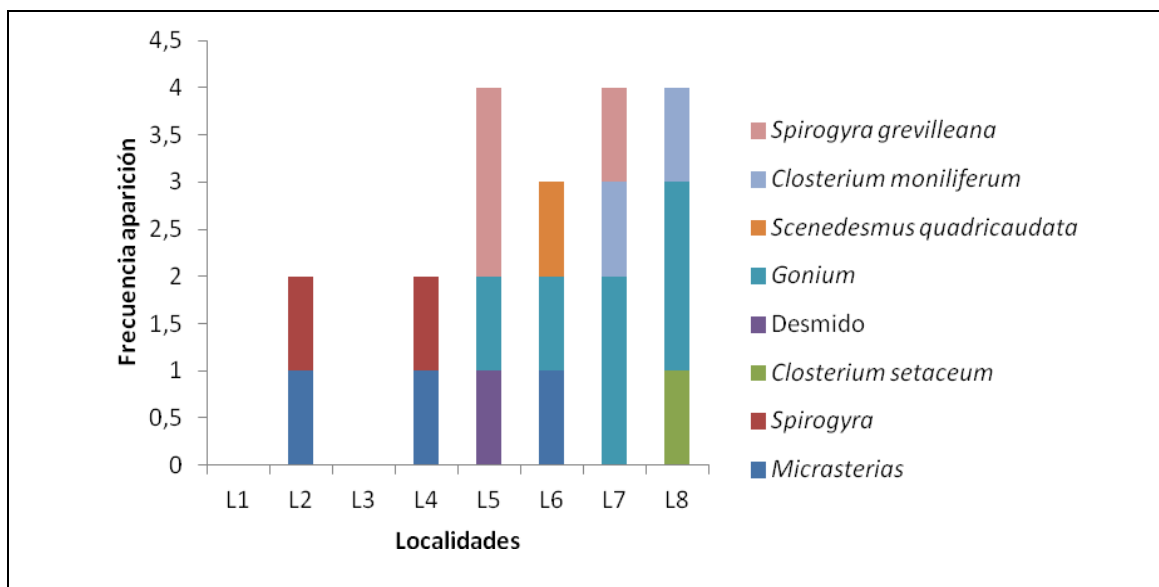
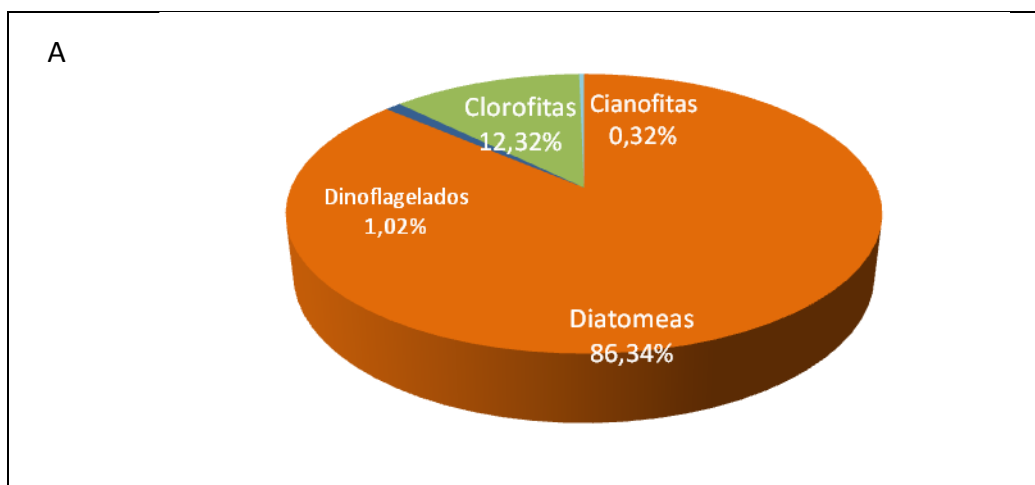


Figura 18. Número promedio de células por muestra de las especies de clorofilas con mayor frecuencia de aparición en los ensamblajes fitoplanctónicos.

V.3.3 Abundancia

En términos de abundancia relativa, las diatomeas fueron el componente dominante, seguido de las clorofitas y los dinoflagelados (Figura 19A). Espacialmente, la densidad de diatomeas se mantuvo estable entre localidades, mientras que la densidad de clorofitas igualó y superó aquella de las diatomeas en las localidades L2 y L4, respectivamente (Figura 19B).

Las especies dominantes fueron el consorcio de diatomeas (73 células/unidad de flujómetro), *Chaetoceros convolutus*, *C. constrictus* y *C. danicus* (4-13 células/unidad de flujómetro), *Melosira* (70 células/unidad de flujómetro), *Coscinodiscus raditus* (38 células/unidad de flujómetro) y la especie dulceacuícola *Fragilaria capucina* (13 células/unidad de flujómetro) y la clorofita *Spirogyra* variando en un rango de entre 25 y 30 células por unidad de flujómetro.



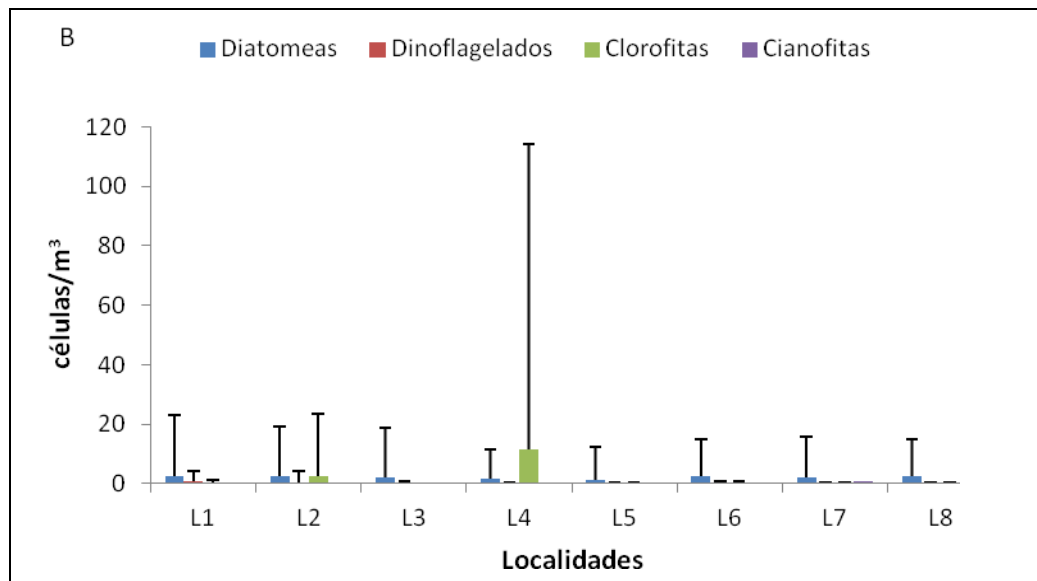


Figura 19. Abundancia relativa (A) y Densidad promedio $\pm$ D.E. (B) expresada de los grupos funcionales de los ensamblajes fitoplanctónicos.

V.3.4 Comunidad Zooplanctónica

Se contaron un total de 6412 zooplanctontes, identificándose 13 grandes grupos zooplanctónicos los cuales comprenden a su vez 60 táxones, 47 de ellos pertenecientes al Holoplancton; de este grupo 10 táxones no se han clasificado hasta especie por lo complicado de su taxonomía. En la primera campaña (Octubre 2012) se contaron 11951 zooplanctontes reportándose 15 grandes grupos.

En la Tabla B1 se resumen los taxones encontrados por estación, las especies identificadas son habituales componentes del zooplancton de aguas del Atlántico Tropical, salvo el grupo de los Anfípodos, cuya captura en muestras zooplanctónicas no es frecuente.

La comunidad estudiada incluyó organismos depredadores como *Temora stylifera*, *Copilia mirabilis*, *Flaccisagitta enflata*, *Parasagitta tenuis*, entre otros; así como organismos herbívoros/filtradores como Ostrácodos, *Undinula vulgaris* y diversas larvas.

Cabe destacar que en las estaciones 2, 3 y 4 de la localidad estuarina 5, no se encontraron zooplanctontes, no obstante, se encontraron muchas exuvias de mosquito y un renacuajo (Tabla B1), lo cual evidencia una fuerte influencia de agua dulce. Asimismo, las muestras de la localidad estuarina 7, aunque en menor grado, también mostraron una influencia dulceacuícola.

En cuanto a la abundancia promedio del área de estudio, el grupo de los copépodos represento un poco más de dos quintos de la comunidad, seguido por los constituyentes del Meroplancton con un poco más del 18%; los grupos menos numerosos fueron Ostrácodos, Medusas y Poliquetos (Figura 20).

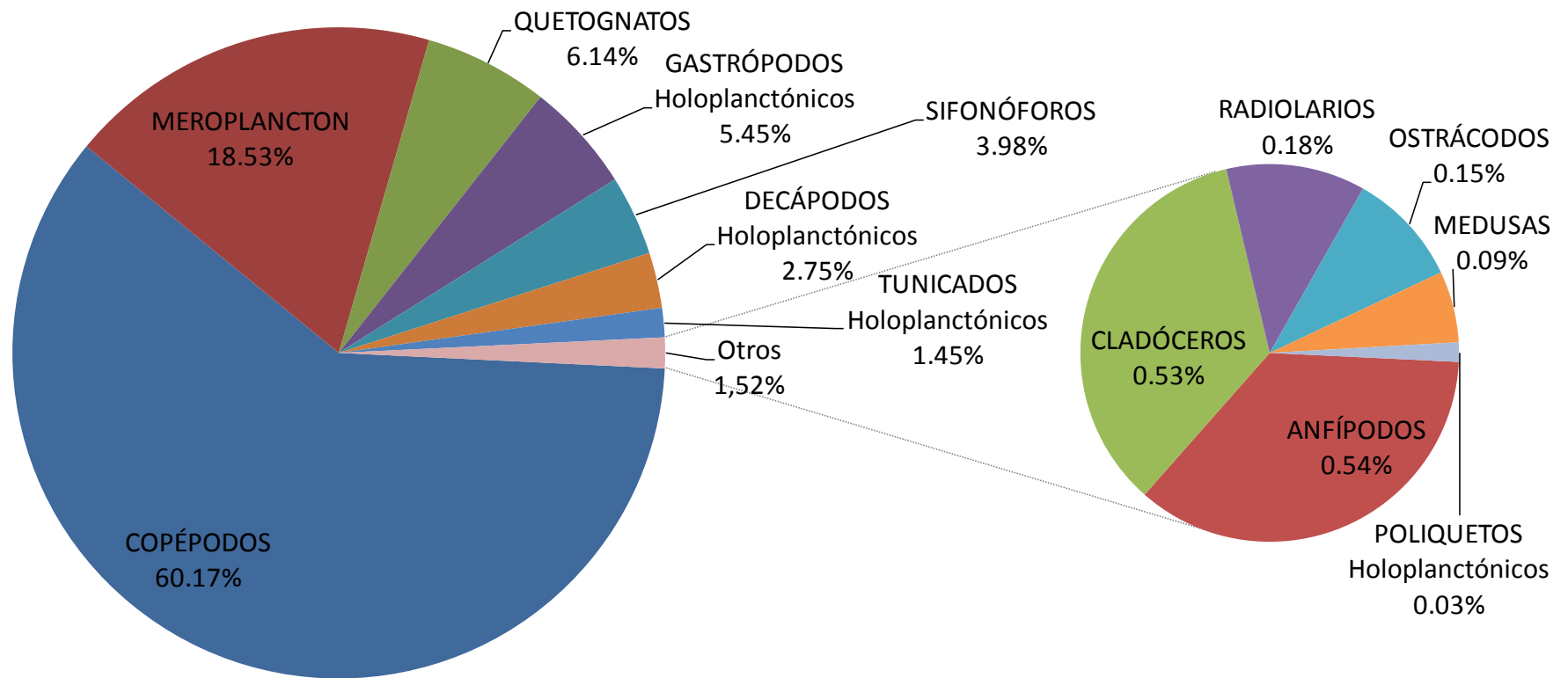


Figura 20. Abundancia promedio de la comunidad zooplanctónica (Holop: organismos holoplanctónicos son aquellos que pertenecen al plancton durante todo su ciclo de vida). En la gráfica complementaria se muestran los organismos con una participación inferior al 1%. Los Isópodos no se representan porque su contribución a la abundancia total es muy baja.

V.4 COMUNIDAD BENTÓNICA

V.4.1 Estructura de la macrofauna bentónica

Se cuantificó un total de 1.789 individuos pertenecientes a 9 Phyla, 11 Clases, 14 Órdenes y 39 Familias (Tabla C1, Tabla 4). La comunidad bentónica encontrada en las localidades marino-costeras difirió marcadamente de la descrita para la zona estuarina en términos de su riqueza de grupos y de sus abundancias. En las localidades marino-costeras se cuantificó un total de 1.720 individuos (96% del total) pertenecientes a 9 Phyla, 11 Clases, 14 órdenes y 39 Familias, mientras que en las localidades estuarinas se reportó una menor abundancia y riqueza, cuantificándose 59 individuos (4% del total) pertenecientes a 3 Phyla, 4 Clases, 6 órdenes y 7 Familias (Tabla C1).

En términos de sus abundancias, el grupo dominante en la comunidad fue el de los Crustáceos (799 ind), siendo los Peracáridos el grupo más representativo dentro del mismo, mientras que los poliquetos fueron el segundo grupo más abundante (666 ind). Sin embargo, la dominancia de estos grupos varió entre zonas, observándose que en las localidades marino-costeras, los Crustáceos representaron 45% de importancia, mientras que en las localidades estuarinas los poliquetos fueron los más abundantes (64%) (Tabla 4).

Tabla 4. Abundancia total (N indiv) y relativa (%) de los grupos taxonómicos en las zonas evaluadas.

Grupos	Localidades Marinas		Localidades Estuarinas	
	N indiv	Ab relativa (%)	N indiv	Ab relativa (%)
Crustáceos	780	45.3	19.0	32.2
Anélidos	628	36.5	38.0	64.4
Moluscos	223	13.0	2.00	3.39
Nematodos	41.0	2.38		
Equinodermos	18.0	1.05		
Sipunculidos	11.0	0.640		
Nemertinos	6.00	0.349		
Insectos	5.00	0.291		
Peces	3.00	0.174		
Platelmintos	2.00	0.116		
Cnidarios	2.00	0.116		
Cefalocordados	1.00	0.058		
No identificado	8.00	0.465		
Total	1,720	100	59	100

El análisis de ordenación (MDS) (Figura 21-A) no mostró una clara separación en grupos definidos; sin embargo, se observó que las estaciones ubicadas en las zonas estuarinas tendieron a agruparse, al igual que las estaciones ubicadas en las localidades marino-costeras. Como ya se ha mencionado las localidades estuarinas se caracterizaron por presentar una menor riqueza y abundancia de organismos al compararlas con lo reportado en las localidades marino-costeras. Los poliquetos fueron uno de los grupos más abundantes y los que presentaron una amplia distribución en la zona evaluada presentándose en ambos tipos de ambiente. Sin embargo, como se observa en la Figura 21-B, sus abundancias fueron variables

encontrándose valores bajos en las estaciones estuarinas y abundancias mayores hacia las estaciones marino-costeras, reflejando la tendencia general de la comunidad bentónica.

Asimismo, al realizar el análisis considerando como factor la condición, se pudo observar que tendieron a agruparse las estaciones control entre sí, así como las de influencia (Figura 22). Al analizar con más detalles los grupos más importantes se pudo observar que los decápodos estuvieron presentes en mayores abundancias en las localidades de control, especialmente en PL, destacando que la mayoría de estos organismos se encontraban en sus fases juveniles (zoeas, megalopas), mientras que los peracáridos, si bien presentaron una distribución amplia tendieron a ser más abundantes en las zonas de influencia (Figura 22).

La Figura 23 muestra la densidad promedio de organismos en las estaciones evaluadas observándose que en general, para los ambientes estuarinos los valores fueron menores a los reportados en las estaciones ubicadas en los ambientes marino-costeros, calculándose densidades que no superaron los 100 ind/m^2 en la mayoría de las estaciones, a excepción de la E1 en la localidad RC ($159 \pm 132 \text{ ind/m}^2$). No se observó un patrón espacial claro, sin embargo, en las localidades de influencia marino-costeras se reportaron las mayores densidades en las estaciones más cercanas a la costa (E1 y E2) calculándose valores que oscilaron entre $794 \pm 463 \text{ ind/m}^2$ en PR1 E2 y $2.222 \pm 588 \text{ ind/m}^2$ en SR E1. Los valores más bajos (excepto en PR2) se reportaron en las estaciones 3 y 4, cuantificándose valores inferiores a los 500 ind/m^2 . Esta tendencia o gradiente con la distancia a la costa no se observó en las localidades control en las que se reportaron, en general valores superiores a los 1.000 ind/m^2 a excepción de la E1 en PL ($794 \pm 204 \text{ ind/m}^2$) y E2 en BEL ($808 \pm 99 \text{ ind/m}^2$).

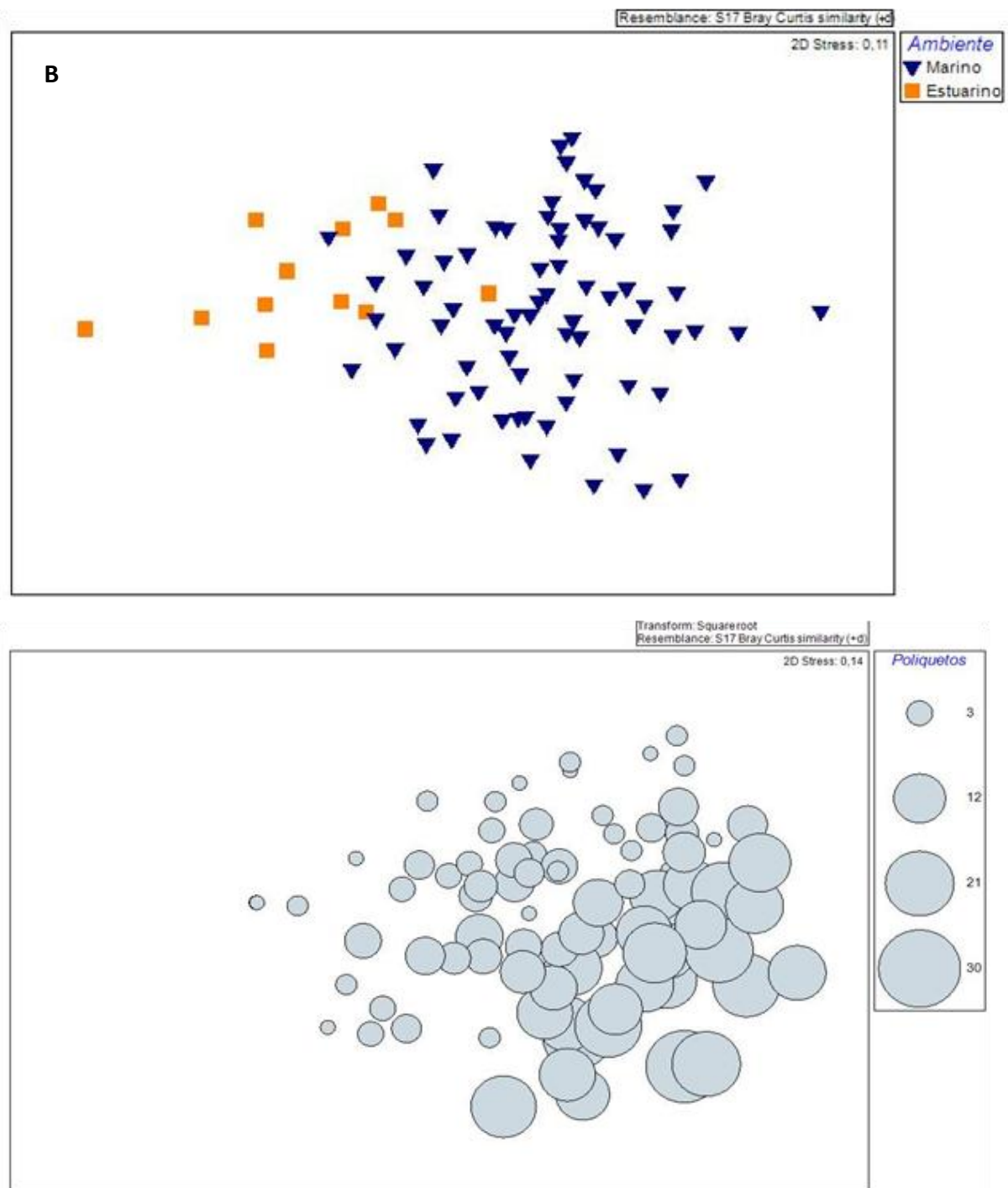


Figura 21. A) Análisis de ordenación (nMDS) de las localidades de muestreo basado en la matriz de abundancia de la macrofauna. B) Distribución espacial del grupo de los poliquetos en las localidades evaluadas.

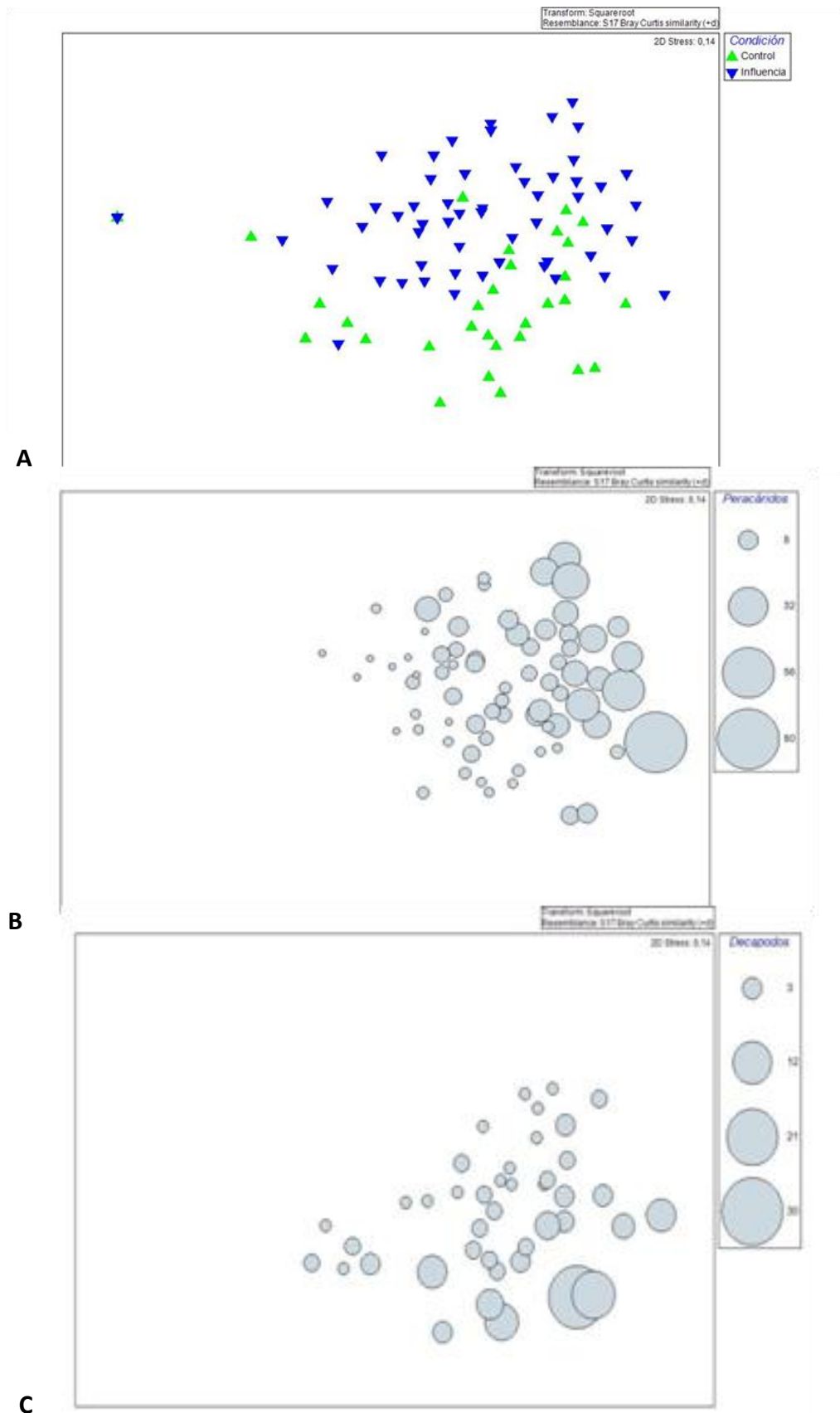


Figura 22. A) Análisis de ordenación (nMDS) de las estaciones de muestreo ubicadas en las localidades marinas basado en la matriz de abundancia de la macrofauna. B) Distribución espacial del grupo de los Peracáridos en las localidades evaluadas. C) Distribución espacial del grupo de los Decápodos en las localidades evaluadas.

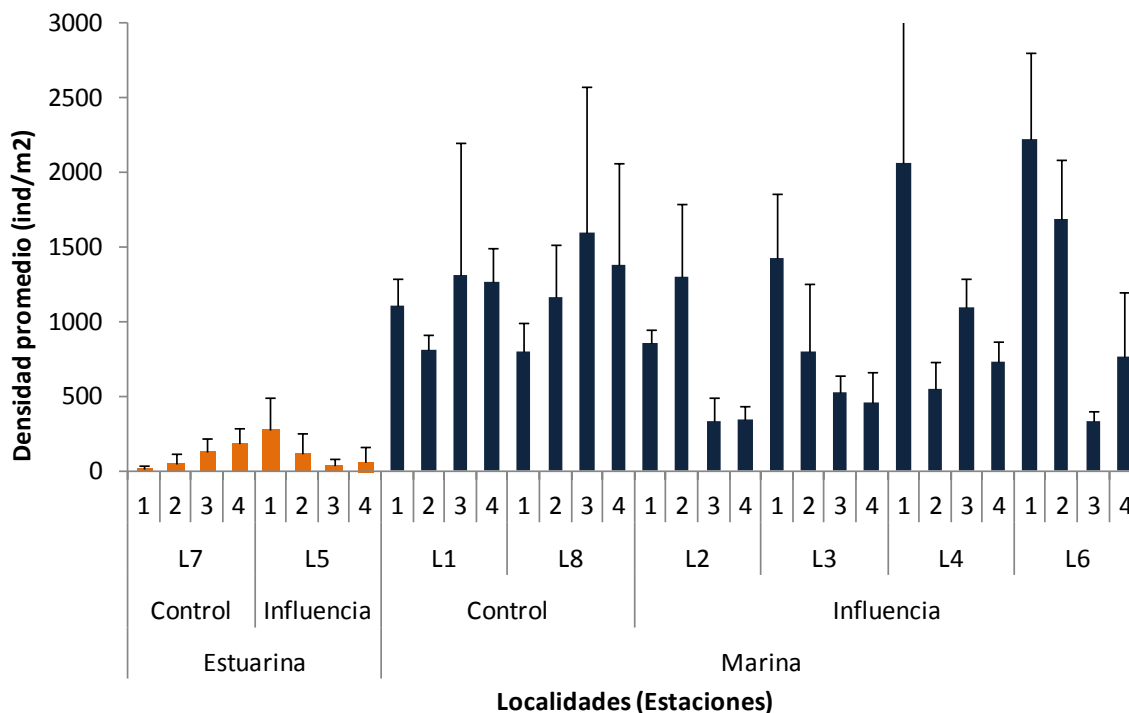


Figura 23. Densidad promedio de organismos en las estaciones ubicadas en las localidades marino-costeras y estuarinas, en febrero de 2013.

Los poliquetos fueron uno de los grupos más importantes y presentaron una amplia distribución espacial en el área estudiada por lo que fueron identificados a nivel de familia y analizados con mayor detalle. Dentro del grupo de los poliquetos, se cuantificó un total de 668 individuos pertenecientes a 34 familias, encontrándose todas las familias en las localidades marino-costeras y sólo 4 en las estuarinas. Las localidades marino-costeras y estuarinas difirieron entre sí no solo en términos de la abundancia y riqueza de éste grupo, si no en cuanto a la composición de la comunidad, observándose que las familias más representativas en las marino-costeras fueron Paraonidae (21,42%) y Lumbrineridae (18,74%), mientras que en la zona estuarina, se observó una mayor abundancia de Ampharetidae (57,58%) y Nereididae (36,36); el resto de las familias reportadas se presentaron en muy bajas abundancias (Tabla 5).

Al evaluar más en detalle la comunidad de poliquetos, se pudo observar que en la zona estuarina la riqueza fue baja en todas las estaciones, reportándose entre una y 3 familias. En la zona marino-costera la mayor riqueza de familias se reportó en SR (25 familias), mientras que en PR2 se identificaron 13 familias.

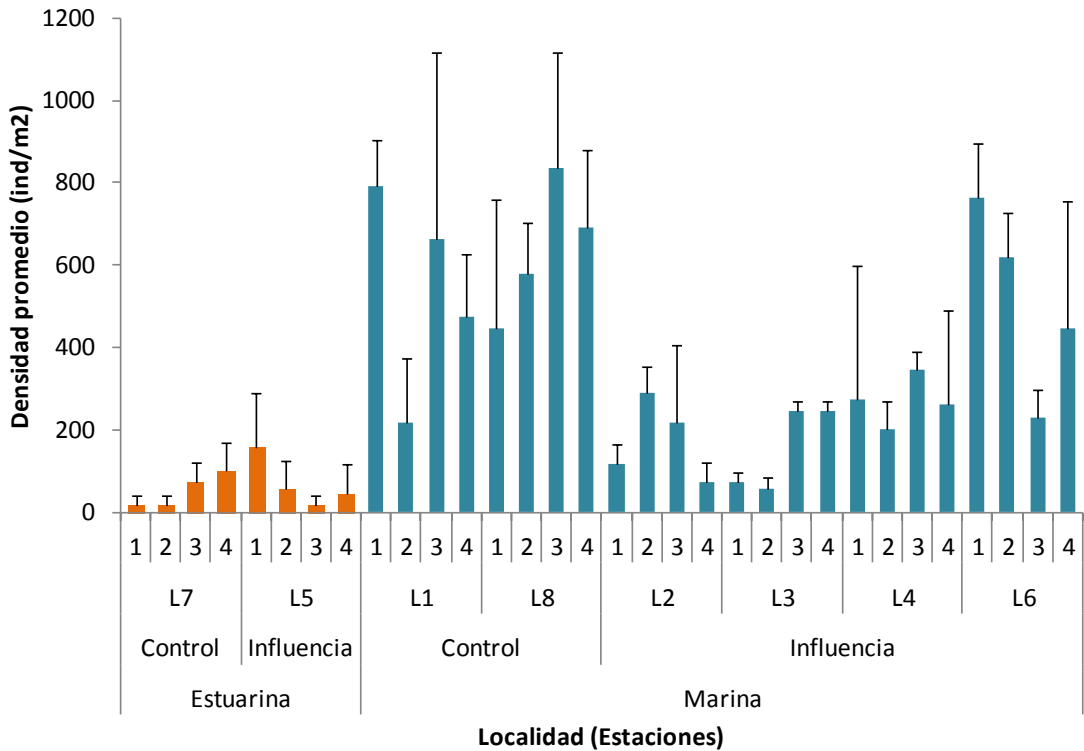
Tabla 5. Abundancia total (N ind.) y relativa (%) de las familias de poliquetos en las localidades marino-costeras y estuarinas, en febrero de 2013.

Familias de Poliquetos	Localidades Marinas		Localidades Estuarinas	
	N indiv	Ab relativa (%)	N indiv	Ab relativa (%)
Paraonidae	136	21.4		
Lumbrineridae	119	18.7		
Onuphidae	50.0	7.87		
Opheliidae	41.0	6.46		
Spionidae	29.0	4.57	1.00	3.03
Capitellidae	26.0	4.09		
Nereididae	23.0	3.62	12.0	36.4
Orbiniidae	21.0	3.31		
Cirratulidae	19.0	2.99		
Nepthyidae	19.0	2.99		
Syllidae	16.0	2.52		
Glyceridae	14.0	2.20		
Cossuridae	13.0	2.05		
Sternaspidae	13.0	2.05	1.00	3.03
Ampharetidae	12.0	1.89	19.0	57.6
Eunicidae	8.00	1.26		
Goniadidae	8.00	1.26		
magelonidae	7.00	1.10		
Oweniidae	5.00	0.787		
Hesionidae	4.00	0.630		
Pilargidae	4.00	0.630		
Maldanidae	3.00	0.472		
Polynoidae	3.00	0.472		
Dorvilleidae	2.00	0.315		
Terebellidae	2.00	0.315		
Trichobranchidae	2.00	0.315		
Eulephtidae	1.00	0.157		
Euphrosinidae	1.00	0.157		
Flabelligeridae	1.00	0.157		
Lacidonidae	1.00	0.157		
Pectinaridae	1.00	0.157		
Phyllodocidae	1.00	0.157		
Questidae	1.00	0.157		
Sabellidae	1.00	0.157		
No identificado	28.0	4.41		
Total general	635	100	33	100
N familias: 34		34		4

Las densidades de poliquetos fueron bajas en las estaciones estuarinas (< a 200 ind/m²), mientras que en las localidades marino-costeras, a excepción de estaciones puntuales, las densidades de poliquetos fueron superiores a los 200 ind/m² (Figura 24). A pesar de que en las localidades estuarinas se reportaron menores valores de riqueza y densidad, se observó en ambas localidades una disminución en la densidad promedio de organismos al aumentar la distancia a la desembocadura del río. En RC la mayor densidad de poliquetos se reportó en la estación 1 (159 ± 132 ind/m²) mientras que en el resto de las estaciones las densidades no superaron los 40 ind/m². En CN se mantuvo la misma tendencia y se reportaron valores similares de densidad (Tabla C2). A su vez, en las localidades marino-costeras los valores de densidad tendieron a ser mayores en las estaciones ubicadas en las localidades control, reportándose el valor más alto en la E3 de PL (837 ± 282 ind/m²); sin embargo, en las estaciones en SR se reportaron valores similares. Es importante destacar que las estaciones que presentaron bajas densidades de poliquetos en las localidades marino-costeras se ubicaron en PQ y PR1, calculándose entre 58 y 72 ind/m² (Figura 24).

Figura 24. Densidad promedio de poliquetos en las estaciones ubicadas en las localidades marinas y estuarinas.

La comunidad bentónica presentó valores de riqueza y densidad comparables a lo reportado en otras regiones, tanto del Caribe como del Pacífico panameño (Dexter 1972, 1979, Mair *et al.* 2009). En términos de su composición se reportaron grupos típicos de éste tipo de comunidades y la dominancia de Crustáceos y Anélidos que tienden a ser los más representativos en este tipo de fondos. Los anélidos poliquetos son un grupo de invertebrados abundante y diverso que constituye un elemento imprescindible en el estudio ecológico del macrobentos marino, ya que generalmente



constituyen entre el 50-90% de los organismos que conforman estas comunidades y adicionalmente habitan una amplia gama de hábitats bentónicos, desde zonas estuarinas e intermareales hasta zonas profundas, incluyendo ambientes extremos. Los Crustáceos tienden a ser otro de los grupos representativos en estas

comunidades; sin embargo, en algunas ocasiones no presentan patrones de distribución tan amplios como es el caso de los poliquetos.

Una característica resaltante de la comunidad bentónica evaluada durante este muestreo fue la disminución en la abundancia y en menor proporción en la riqueza de grupos, al compararlo con lo reportado durante la primera campaña de muestreo. Estas disminuciones pueden deberse a oscilaciones naturales de la comunidad o la respuesta a un evento puntual en la zona de estudio. Las comunidades bentónicas se caracterizan por ser variables a diferentes escalas espaciales y temporales, ya que estas variaciones pueden obedecer a una gran variedad de factores (Gray & Elliot 2009). Según Guzmán-Alvis *et al.* (2006) factores de tipo físico, como fluctuaciones en las características del sedimento, salinidad, concentraciones de oxígeno, temperatura y presión pueden tener un efecto sobre la distribución de los organismos bentónicos.

Los análisis de ordenación si bien no mostraron la separación clara en grupos bien definidos, se observó que las muestras tendieron a agruparse de acuerdo a dos factores: al tipo de ambiente (estuarino vs marino-costero) y a la condición (control vs influencia). Los grupos más representativos de la comunidad mostraron algunas tendencias espaciales de acuerdo a estos factores. Se observó para el caso de los poliquetos una mayor riqueza y densidad en las localidades marino-costeras con respecto a las estuarinas, mientras que para el caso de los Crustáceos se observó que los decápodos tendieron a ser más abundantes en las localidades control, mientras que los peracáridos, si bien estuvieron presentes en la mayoría de las estaciones, se presentaron en mayor abundancia en algunas localidades de la zona de influencia.

La diferencia más evidente en la comunidad bentónica, como era de esperarse, se observó entre la zona marino-costera y estuarina, reportándose valores de riqueza y densidad mucho menores en las localidades estuarinas, tanto la control como la de influencia. El efecto que pueden tener los aportes de agua dulce sobre este tipo de comunidades está bien documentado, donde dichos aportes pueden alterar considerablemente parámetros como la salinidad, turbidez, concentraciones de materia orgánica, entre los más destacados. Uno de los efectos más importantes viene dado por la disminución en la salinidad, lo que ocasiona una reducción considerable y en algunos casos la ausencia total de éste tipo de organismos (Zajac & Whitlatch 1982, Chollet & Bone 2007, Martín *et al.* 2007, Bone *et al.* 2011).

Los poliquetos, como ya se mencionó, son un grupo de invertebrados abundantes en este tipo de fondos, por lo que en la mayoría de los casos definen tendencias en cuanto al análisis de las comunidades bentónicas (Granados-Barba *et al.* 2009). Este grupo presentó una amplia distribución y determinó algunas de las tendencias descritas a nivel de grandes grupos, como la reducción en la riqueza y densidad en las localidades estuarinas con respecto a las marino-costeras. Adicionalmente, dentro de la zona marino-costera se observó una reducción en las densidades de este grupo en las estaciones más cercanas a la desembocadura del río. Esto podría deberse a la influencia de la descargas de cuerpos de agua dulce en la zona costera, ocasionando una disminución en la salinidad y por lo tanto una reducción en la densidad de organismos. La influencia de las descargas de ríos sobre las comunidades biológicas ha sido demostrada en muchos ecosistemas costeros, especialmente en playas arenosas. La abundancia, diversidad y riqueza de especies de las comunidades bentónicas ha sido relacionada a diferentes parámetros que pueden ser modificados por las contribuciones o aportes de sistemas rivereños así como la distancia a la desembocadura de estos ríos (Herrera y Bone 2011).

En las estaciones estuarinas se encontraron principalmente ejemplares de la familia Ampharetidae y Nereididae. Según Hernández-Alcántara & Solís-Weiss (2009) los

representantes de la familia Ampharetidae muestran una amplia distribución, tanto geográfica como batimétrica, debido probablemente a que se adaptan a nuevos ambientes, generalmente son marino-costeros y rara vez son encontrados en áreas con fluctuaciones amplias de salinidad aunque algunas especies han sido recolectadas en aguas estuarinas. Sin embargo, para el caso de los Nereididae si se han reportado especies estuarinas o dulceacuícolas propiamente dichas (León-González 2009).

Hasta el momento la comunidad bentónica descrita en la zona se ha caracterizado por presentar características propias de éstas comunidades, en términos de su riqueza y densidad, tanto espacial como temporalmente, así como la composición de grupos de invertebrados. Las variaciones descritas hasta el momento parecen obedecer a oscilaciones naturales y/o factores físicos, como la salinidad, entre los más importantes y que pueden ser detectados a este nivel. Dado lo variable de estas comunidades es necesario su monitoreo a fin de determinar las tendencias y respuestas de éste tipo de organismos a variaciones ambientales, tanto naturales como las ocasionadas por las actividades antrópicas.

VI. CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos en esta campaña (Febrero- Marzo 2013) podemos indicar las siguientes características a nivel de columna de agua, matriz sedimentaria y biota:

1. En las localidades marino-costeras, la columna de agua mostró características de playas de alta energía, lo cual implica grandes movimientos de masas de agua, con valores de sólidos totales suspendido que alcanzaron 90 mg/l. Las localidades estuarinas registraron las concentraciones más bajas de sólidos totales suspendidos.
2. La matriz sedimentaria presentó una composición granulométrica definida por sedimentos arenosos y fangosos. Las muestras marinas presentaron sedimentos con un mayor contenido de materia orgánica y carbono orgánico que las localidades estuarinas.
3. El contenido de aceites y grasas e hidrocarburos se encuentran en rangos medios para zonas costeras⁵, como puede observarse en la normativa internacional de sedimentos, reportado por la NOAA, para definir áreas con baja o alta concentración de xenobióticos orgánicos. En este caso se encuentran en el rango promedio.
4. El contenido de algunos metales pesados como el cobre, el arsénico y el cadmio, presentaron concentraciones altas en los sedimentos superficiales, excediendo, en el caso del cadmio, los límites de efecto medio de toxicidad para la biota. Este resultado es muy importante pues muestra que las concentraciones de Cadmio deben ser monitoreadas, con la finalidad de no aportar mediante el desarrollo de la minería, una concentración mayor, ya que la línea base muestra la riqueza de este elemento y su concentración alcanza niveles tóxicos, que afectan a los organismos que habitan dicho ecosistema, al ser comparada con las normativas internacionales.
5. La riqueza de la comunidad fitoplanctónica estuvo dominada por diatomeas, seguido de las clorofitas y los dinoflagelados. En el zooplancton, los copépodos representaron más de dos quintos de la comunidad, seguido por los constituyentes del meroplancton.
6. Los grupos más representativos dentro de la comunidad bentónica fueron los crustáceos y anélidos poliquetos, los cuales determinaron las tendencias espaciales más importantes.
7. La diferencia más evidente en la comunidad bentónica se observó entre la zona marino-costera y estuarina, reportándose valores de riqueza y densidad mucho menores en las localidades estuarinas, tanto la control como la de influencia.
8. Con la realización de la tercera campaña de campo(planificada para el mes de Junio 2013) se finalizará la línea base ambiental del área potencialmente a ser impactada, lo que permitirá identificar los componentes importantes para definir planes de mitigación, compensación y recuperación a futuro.

VII. RECOMENDACIONES

1. En base a los resultados obtenidos en esta segunda campaña de monitoreo biofísico, se recomienda seguir lo establecido en la metodología BACI de

⁵ Buchman, M.F. 2008. NOAA Screening Quick Reference Tables, NOAA OR&R Report 08-1, Seattle WA, Office of Response and Restoration Division, National Oceanic and Atmospheric Administration, 34 pp.

acuerdo a la frecuencia de los monitoreos, lo cual permitirá conocer las variaciones ambientales antes, durante y después de haber finalizado operaciones este proyecto, logrando de esta manera determinar sobre la base científica el grado de alteración o no de las condiciones ambientales presentes en este medio marino.

2. Se recomienda realizar monitoreos continuos para determinar el grado de concentración de metales pesados, con la finalidad de evitar el incremento de estos, como resultado de las operaciones mineras ya que se afectarían los organismos que habitan dicho ecosistema.
3. Se recomienda realizar los monitoreos trimestrales subsecuentes que permitan conocer de manera significativa las variables naturales y los posibles cambios atribuibles al desarrollo de la Industria Minera, y así como elaborar los planes adecuados para la preservación, mitigación, contingencia y manejo del área de influencia.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvariño, A. 1969. Quetognatos del Atlántico. Distribución y notas esenciales de sistemática. Trabajos del Instituto Español de Oceanografía 37, 1-290pp.
- American Public Health Association (APHA); American Water Work Association (AWWA) – Water Environmental Federation (WEF). 2011. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (SMEWW); Method 3120. Metals by Plasma Emission Spectroscopy. 20th Edition.
- Birth, G., 2003. A scheme for assessing human impacts on coastal aquatic environments using sediments. In: Woodcoffe, C.D., Furness, R.A. (Eds.), Coastal GIS 2003. Wollongong University Papers in Center for Maritime Policy, 14, Australia.
- Bone, D., C.T. Rodriguez y I. Chollet. 2011. Polychaeta Diversity in the Continental Shelf Off the Orinoco River Delta, Venezuela. Chapter 5, 87-97 pp. En: Grillo, O. (Ed). Changing Diversity in Changing Environment, 392p.
- Buchman, M.F. 2008. NOAA Screening Quick Reference Tables, NOAA OR&R Report 08-1, Seattle WA, Office of Response and Restoration Division, National Oceanic and Atmospheric Administration, 34 pp.
- Campos, A. y Suárez, E. 1994. *Copépodos pelágicos del Golfo de México y Mar Caribe I. Biología y Sistemática*, Centro de Investigaciones de Quintana Roo. México, D.F., 360pp.
- Chollet, I y D. Bone. 2007. Effects of heavy rainfall on polychaetes: differential spatial patterns generated by a large scale disturbance. Journal of Marine Biology and Ecology. 340: 113-125.
- Clarke, KR, Gorley, RN, 2006. PRIMER v6: User Manual/Tutorial. PRIMER-E, Plymouth.
- Conway, D. V. P.; White, R. G.; Hugues-Dit-Ciles, J.; Gallienne, C. P. y Robins, D. B. 2003. *Guide to the coastal and surface zooplankton of the south-western Indian Ocean*. Occasional Publications (15), Marine Biological Association of the United Kingdom, 354pp.
- Dean, H. 2008. The use of polychaetes (Annelida) as indicator species of marine pollution: a review. Revista de Biología Tropical. 56(4): 11-38,
- Dexter, D.M. 1972. Comparison of the community structures in a Pacific and Atlantic Panamanian Sandy Beach. Bulletin of Marine Science. 22: 449-462.
- Dexter, D.M. 1979. Community structure and seasonal variation in intertidal Panamanian Sandy beaches. Estuarine Coastal Marine Science. 9(5): 543-558.
- Gadzala-Kopciuch, 2004, Gadzala-Kopciuch, R., B. Berecka, J. Bartoszwicz y B. Buszewicz. 2004. Some considerations about bioindicators in environmental monitoring. Polish Journal of Environmental Studies, 13(5): 453-462.
- Gasca, R. y Suárez-Morales, E. (ed.) 1996. *Introducción al Estudio del Zooplancton Marino*: El Colegio de la Frontera Sur/CONACyT México. 711 pp
- Giménez-Casaldueiro, F., S. Rodríguez-Ruiz, M. Vivas y A. Ramos. 2001. Variaciones de las características estructurales de la comunidad de poliquetos asociada a dos fondos de maerl del litoral alicantino (sudeste de la Península Ibérica). Boletín Instituto Español de Oceanografía. 17(1 y 2): 191-201
- Granados-Barba, A., N. Domínguez-Castanedo y V. Solís-Weiss. 2009. Los anélidos poliquetos bentónicos en el contexto de las perturbaciones ambientales marinas. En: León-González JA, J.R. Bastida-Zavala, L.F. Carrera-Parra, M.E. García-Garza, A. Peña-Rivera, S.I. Salazar-Vallejo y V. Soliz-Weiss (Eds). Poliquetos (Annelida: Polychaeta) de México y América Tropical. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México. 737 pp.
- Gray, J y M. Elliot. 2009. Ecology of marine sediment: from science to management. Oxford University Press. New York. 241 p.

- Gross, MG. 1971. Carbon determination. En: Carver RE (Ed.), *Procedures in Sedimentary Petrology*. Wiley Interscience, New York. pp 573-596.
- Guzmán-Alvis y Ardila, 2004 Guzmán-Alvis, A. y A. Ardila. 2004. Estado de los fondos blandos en Colombia. Informe del estado de los ambientes marinos y costeros en Colombia. Invemar. 120 pp.
- Hernández-Alcántara y V. Solís-Weiss. 2009. Ampharetidae Malmgren, 1886. En: León-González JA, J.R. Bastida-Zavala, L.F. Carrera-Parra, M.E. García-Garza, A. Peña-Rivera, S.I. Salazar-Vallejo y V. Soliz-Weiss (Eds). *Poliquetos (Annelida: Polychaeta) de México y América Tropical*. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México. 737 pp.
- Herrera, A y D. Bone. 2011. Influence of riverine outputs on sandy beaches of Higuerote, central coast of Venezuela. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* 39(1): 56-70.
- Jackson, ML. 1970. Determinaciones de Materia Orgánica en los Suelos. En: Jackson, ML (Ed.), *Análisis Químico de Suelos*. Editorial Omega, Barcelona. pp 282-310.
- León-González JA. 2009. Nereididae Lamarck, 1818. En: León-González JA, J.R. Bastida-Zavala, L.F. Carrera-Parra, M.E. García-Garza, A. Peña-Rivera, S.I. Salazar-Vallejo y V. Soliz-Weiss (Eds). *Poliquetos (Annelida: Polychaeta) de México y América Tropical*. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México. 737 pp.
- Liñero-Arana y Reyes-Vásquez, 1979 Liñero-Arana, I. y G. Reyes-Vásquez. 1979. Nereidae (Polychaeta, Errantia) del Golfo de Cariaco, Venezuela. *Boletín Instituto Oceanográfico Universidad de Oriente*, 18: 3-12.
- Long, ER y LG Morgan. 1990. The potential for biological effects of sediment-sorbed contaminants tested in the National Status and Trends Program. National Oceanic and Atmospheric Administration Technical Memorandum. Seattle, WA.
- Mair, J., S. Cunningham, J.A. Sibajo-Cordero, H. Guzman, M.F. Arroyo, D. Merino y R. Vargas. 2009. Mapping benthic faunal communities in the shallow and deep sediments of Las Perlas Archipelago, Pacific Panama. *Marine Pollution Bulletin*. 58: 375-383.
- Márquez-García, AZ., Campos-Verduzco, R., Castro-Soriano, BS. 2010. Sedimentología y morfología de la playa de anidación para tortugas marinas, El Carrizal, Cuyuca de Benítez, Guerrero. *Hidrobiológica* 20(2): 101-112.
- Martín, A., L. Malavé, D. Sánchez, R. Aparicio, F. Arocha, D. Bone, J.A. Bolaños, J. Bolaños-Jiménez, J. Castañeda, J.J. Cárdenas, A.K. Carbonini, Y.J. Díaz, H.J. Guada, E. Klein, R. Lazo, A. Lemus, M. Lentino, C. Lira, C. Lodeiros, R. López, B. Marín, G. Martínez, B. Márquez, A. Márquez, R. Molinet, F. Morales, J. Posada, A. Prieto, A. Riera, C.T. Rodríguez, A. Ramírez, W. Senior, P. Solana, H. Severeyn, P. Spiniello, E. Valera, C. Yanes y E. Zoppi. 2007. Línea Base Ambiental Plataforma Deltana. A. Martín y D. Bone (ed.). *Petróleos de Venezuela, S. A. - Universidad Simón Bolívar*. Caracas, Venezuela. 176 p.
- Murugesan, P. M. Muniasamy, S. Muthovelo, S. Vijaydakshmi y T. Balasubramaniam. 2011. Utility of benthic Diversity in assessing the health o fan ecosistema. *Indian journal of Geo-Marine Science*. 40(6): 783-793.
- Razouls, C.; de Bovée, F.; Kouwenberg, J. y Desreumaux, N. 2005-2012. Diversity and Geographic Distribution of Marine Planktonic Copepods. En Web <http://copepodes.obs-banyuls.fr/en> Fecha de Acceso 2012-10-06
- Rodríguez, C. 2006. Variación espacio-temporal de la diversidad biológica de los poliquetos de fondos blandos del Nororiente de Venezuela. Trabajo de Ascenso, Universidad de Carabobo, venezuela. 93 pp.
- United States Environmental Protection Agency. 1993. ESS Method 340.2: Total Suspended Solids, Mass Balance (Dried at 103-105°C) Volatile Suspended Solids (Ignited at 550°C). Volume 3, chapter 2. Wisconsin.

- _____. 1994. Method 9071 A. Oil & Grease - Extraction for Sludge & Sediment. Methods for chemical analysis of water and wastes. Cincinnati, OH.
- _____. 1996. Method 3052. Microwave assisted acid digestion of siliceous and organically based matrices. Washington, DC.
- _____. 1998. Method 8270D. Semivolatile organic compounds by gas chromatography/mass spectrometry (GC/MS).
- _____. 1999. Analytical method guidance for EPA Method 1664. Revision A: N-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated N-Hexane Extractable Material (SGTHEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry. Washington, DC.
- Zajac, R.N., Whitlatch, R.B., 1982a. Responses of estuarine infauna to disturbance: I. Spatial and temporal variation of initial recolonization. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 10, 1–14.

VII. ANEXOS A

Tabla A 1. Parámetros físico-químicos en las 8 localidades de muestreo en febrero de 2013.

Localidad	Condición	Ambiente	Estación	Prof. (m)	LDO (g/L)	pH	TDS (g/L)	Sal (ppt)	T (°C)	Cond. (µc/cm)
			1	6.30E-01	6.64E+00	8.36E+00	3.41E+01	3.52E+01	2.82E+01	5.33E+04
				4.96E+00	6.56E+00	8.37E+00	3.57E+01	3.71E+01	2.77E+01	5.58E+04
				1.04E+01	6.43E+00	8.38E+00	3.58E+01	3.73E+01	2.76E+01	5.60E+04
			2	6.50E-01	6.58E+00	8.35E+00	3.52E+01	3.66E+01	2.79E+01	5.52E+04
				5.56E+00	6.57E+00	8.36E+00	3.57E+01	3.72E+01	2.77E+01	5.59E+04
				1.02E+01	6.52E+00	8.38E+00	3.58E+01	3.73E+01	2.76E+01	5.60E+04
			3	1.54E+01	6.47E+00	8.39E+00	3.58E+01	3.74E+01	2.76E+01	5.61E+04
				7.20E-01	6.56E+00	8.37E+00	3.53E+01	3.68E+01	2.80E+01	5.55E+04
				5.19E+00	6.51E+00	8.37E+00	3.57E+01	3.71E+01	2.77E+01	5.58E+04
			4	1.03E+01	6.49E+00	8.37E+00	3.58E+01	3.72E+01	2.76E+01	5.60E+04
				2.18E+01	6.42E+00	8.38E+00	3.59E+01	3.74E+01	2.76E+01	5.61E+04
				1.30E-01	6.56E+00	8.39E+00	3.47E+01	3.59E+01	2.77E+01	5.42E+04
1	Control	Marino	4	5.34E+00	6.49E+00	8.37E+00	3.57E+01	3.71E+01	2.76E+01	5.58E+04
				9.80E+00	6.50E+00	8.39E+00	3.58E+01	3.72E+01	2.76E+01	5.60E+04
				2.02E+01	6.45E+00	8.38E+00	3.59E+01	3.73E+01	2.76E+01	5.61E+04
				2.93E+01	6.32E+00	8.38E+00	3.59E+01	3.74E+01	2.76E+01	5.61E+04
			1	7.20E-01	6.58E+00	8.39E+00	3.43E+01	3.55E+01	2.87E+01	5.36E+04
				5.41E+00	6.53E+00	8.38E+00	3.56E+01	3.70E+01	2.84E+01	5.56E+04
			2	8.20E-01	6.57E+00	8.39E+00	3.56E+01	3.70E+01	2.84E+01	5.56E+04
				5.39E+00	6.58E+00	8.40E+00	3.57E+01	3.71E+01	2.79E+01	5.58E+04
			3	1.06E+01	6.56E+00	8.40E+00	3.58E+01	3.72E+01	2.77E+01	5.59E+04
				2.30E-01	6.61E+00	8.37E+00	3.54E+01	3.68E+01	2.83E+01	5.54E+04
				5.53E+00	6.64E+00	8.39E+00	3.56E+01	3.70E+01	2.77E+01	5.56E+04
			4	1.04E+01	6.58E+00	8.38E+00	3.58E+01	3.72E+01	2.76E+01	5.59E+04
				2.02E+01	6.36E+00	8.39E+00	3.59E+01	3.73E+01	2.76E+01	5.60E+04
				9.00E-01	6.59E+00	8.37E+00	3.54E+01	3.67E+01	2.84E+01	5.53E+04
			4	5.49E+00	6.62E+00	8.36E+00	3.54E+01	3.68E+01	2.78E+01	5.54E+04
				1.05E+01	6.53E+00	8.38E+00	3.58E+01	3.73E+01	2.76E+01	5.60E+04
				2.11E+01	6.34E+00	8.38E+00	3.59E+01	3.73E+01	2.76E+01	5.61E+04
2	Influencia	Marino		2.80E+01	6.21E+00	8.38E+00	3.59E+01	3.73E+01	2.75E+01	5.61E+04
			1	8.20E-01	6.64E+00	8.43E+00	3.44E+01	3.56E+01	2.81E+01	5.37E+04
				5.50E+00	6.52E+00	8.43E+00	3.59E+01	3.73E+01	2.77E+01	5.60E+04
				1.05E+01	6.50E+00	8.45E+00	3.59E+01	3.73E+01	2.76E+01	5.60E+04
			2	6.50E-01	6.67E+00	8.43E+00	3.39E+01	3.50E+01	2.80E+01	5.29E+04
				5.25E+00	6.55E+00	8.44E+00	3.58E+01	3.73E+01	2.77E+01	5.60E+04
				1.02E+01	6.46E+00	8.43E+00	3.59E+01	3.73E+01	2.76E+01	5.61E+04
			3	2.04E+01	6.39E+00	8.45E+00	3.59E+01	3.73E+01	2.76E+01	5.61E+04
				9.60E-01	6.51E+00	8.42E+00	3.55E+01	3.69E+01	2.81E+01	5.55E+04
				6.04E+00	6.49E+00	8.43E+00	3.58E+01	3.73E+01	2.77E+01	5.60E+04
			4	1.03E+01	6.44E+00	8.44E+00	3.59E+01	3.74E+01	2.76E+01	5.61E+04
				2.07E+01	6.41E+00	8.45E+00	3.59E+01	3.74E+01	2.76E+01	5.61E+04
				2.86E+01	6.28E+00	8.44E+00	3.59E+01	3.73E+01	2.76E+01	5.61E+04
3	Influencia	Marino	4	5.70E-01	6.50E+00	8.38E+00	3.54E+01	3.68E+01	2.80E+01	5.54E+04
				5.51E+00	6.51E+00	8.42E+00	3.58E+01	3.72E+01	2.77E+01	5.59E+04
				1.06E+01	6.49E+00	8.44E+00	3.60E+01	3.74E+01	2.77E+01	5.62E+04
			4	2.00E+01	6.48E+00	8.44E+00	3.60E+01	3.74E+01	2.77E+01	5.62E+04
				3.08E+01	6.39E+00	8.44E+00	3.60E+01	3.74E+01	2.75E+01	5.62E+04
				3.97E+01	6.30E+00	8.44E+00	3.60E+01	3.74E+01	2.75E+01	5.62E+04

			1	5.20E-01	6.70E+00	8.46E+00	3.51E+01	3.64E+01	2.86E+01	5.48E+04
				4.99E+00	6.58E+00	8.46E+00	3.58E+01	3.73E+01	2.78E+01	5.60E+04
				9.60E+00	6.54E+00	8.47E+00	3.59E+01	3.73E+01	2.77E+01	5.61E+04
			2	7.50E-01	6.64E+00	8.47E+00	3.53E+01	3.67E+01	2.83E+01	5.52E+04
				4.97E+00	6.50E+00	8.47E+00	3.59E+01	3.73E+01	2.77E+01	5.61E+04
				1.03E+01	6.49E+00	8.47E+00	3.59E+01	3.73E+01	2.76E+01	5.61E+04
				1.96E+01	6.46E+00	8.47E+00	3.59E+01	3.73E+01	2.76E+01	5.61E+04
			3	4.90E-01	6.61E+00	8.45E+00	3.52E+01	3.65E+01	2.84E+01	5.49E+04
				4.84E+00	6.54E+00	8.45E+00	3.59E+01	3.74E+01	2.77E+01	5.61E+04
				1.03E+01	6.50E+00	8.46E+00	3.60E+01	3.74E+01	2.77E+01	5.62E+04
				2.00E+01	6.47E+00	8.47E+00	3.59E+01	3.74E+01	2.77E+01	5.61E+04
4	Influencia	Marino		2.98E+01	6.39E+00	8.46E+00	3.64E+01	3.79E+01	2.73E+01	5.69E+04
			4	7.90E-01	6.55E+00	8.43E+00	3.52E+01	3.65E+01	2.83E+01	5.50E+04
				5.62E+00	6.53E+00	8.45E+00	3.59E+01	3.74E+01	2.77E+01	5.61E+04
				1.06E+01	6.52E+00	8.45E+00	3.60E+01	3.74E+01	2.77E+01	5.62E+04
				2.05E+01	6.51E+00	8.46E+00	3.59E+01	3.74E+01	2.76E+01	5.62E+04
				3.12E+01	6.41E+00	8.46E+00	3.59E+01	3.74E+01	2.76E+01	5.61E+04
				4.10E+01	6.23E+00	8.43E+00	3.66E+01	3.82E+01	2.71E+01	5.73E+04
			1	4.50E-01	8.27E+00	7.85E+00	1.00E-01	6.00E-02	2.40E+01	1.40E+02
				1.81E+00	8.22E+00	7.81E+00	1.00E-01	7.00E-02	2.36E+01	1.68E+02
			2	4.60E-01	8.26E+00	7.81E+00	1.00E-01	6.00E-02	2.39E+01	1.36E+02
				1.84E+00	8.22E+00	7.85E+00	1.00E-01	7.00E-02	2.36E+01	1.51E+02
5	Influencia	Estuario	3	8.80E-01	8.29E+00	7.98E+00	1.00E-01	5.00E-02	2.37E+01	1.29E+02
				2.33E+00	8.24E+00	7.85E+00	1.00E-01	6.00E-02	2.35E+01	1.43E+02
			4	3.20E-01	8.28E+00	8.00E+00	0.00E+00	6.00E-02	2.38E+01	1.44E+02
			1	7.00E-01	6.61E+00	8.55E+00	3.43E+01	3.55E+01	2.74E+01	5.36E+04
				5.37E+00	6.50E+00	8.55E+00	3.51E+01	3.64E+01	2.76E+01	5.48E+04
			2	5.40E-01	6.58E+00	8.55E+00	3.40E+01	3.52E+01	2.74E+01	5.32E+04
				5.56E+00	6.51E+00	8.54E+00	3.50E+01	3.62E+01	2.76E+01	5.46E+04
				1.09E+01	6.44E+00	8.54E+00	3.60E+01	3.74E+01	2.78E+01	5.62E+04
			3	1.12E+00	6.61E+00	8.55E+00	3.39E+01	3.50E+01	2.73E+01	5.30E+04
				5.49E+00	6.51E+00	8.54E+00	3.51E+01	3.64E+01	2.76E+01	5.49E+04
				1.03E+01	6.45E+00	8.53E+00	3.57E+01	3.71E+01	2.78E+01	5.57E+04
6	Influencia	Marino		2.04E+01	6.39E+00	8.53E+00	3.60E+01	3.74E+01	2.78E+01	5.62E+04
			4	4.90E-01	6.56E+00	8.48E+00	3.46E+01	3.59E+01	2.74E+01	5.41E+04
				5.70E+00	6.52E+00	8.54E+00	3.49E+01	3.62E+01	2.75E+01	5.46E+04
				1.07E+01	6.49E+00	8.55E+00	3.54E+01	3.68E+01	2.77E+01	5.54E+04
				2.05E+01	6.48E+00	8.55E+00	3.60E+01	3.74E+01	2.79E+01	5.62E+04
				3.07E+01	6.46E+00	8.54E+00	3.60E+01	3.74E+01	2.79E+01	5.62E+04
			1	6.50E-01	7.10E+00	7.80E+00	2.10E+00	1.74E+00	2.81E+01	3.21E+03
			2	7.00E-01	7.00E+00	7.73E+00	2.10E+00	1.82E+00	2.80E+01	3.35E+03
				3.87E+00	5.51E+00	8.23E+00	2.92E+01	2.96E+01	2.81E+01	4.56E+04
			3	5.30E-01	6.85E+00	7.68E+00	2.00E+00	1.73E+00	2.78E+01	3.20E+03
				4.70E+00	3.76E+00	7.99E+00	3.09E+01	3.15E+01	2.78E+01	4.82E+04
7	Control	Estuario	4	3.90E-01	6.80E+00	7.71E+00	2.10E+00	1.77E+00	2.79E+01	3.27E+03
				5.23E+00	3.98E+00	8.03E+00	3.11E+01	3.18E+01	2.77E+01	4.86E+04
			1	9.00E-01	6.83E+00	8.46E+00	3.50E+01	3.63E+01	2.84E+01	5.47E+04
				5.60E+00	6.23E+00	8.44E+00	3.56E+01	3.70E+01	2.79E+01	5.57E+04
			2	5.80E-01	6.42E+00	8.44E+00	3.53E+01	3.66E+01	2.82E+01	5.51E+04
				5.11E+00	6.26E+00	8.43E+00	3.53E+01	3.66E+01	2.80E+01	5.51E+04
				9.92E+00	6.10E+00	8.44E+00	3.57E+01	3.71E+01	2.79E+01	5.58E+04
			3	4.70E-01	6.65E+00	8.44E+00	3.52E+01	3.63E+01	2.82E+01	5.52E+04
				5.43E+00	6.25E+00	8.43E+00	3.54E+01	3.67E+01	2.80E+01	5.55E+04
				1.07E+01	6.28E+00	8.43E+00	3.58E+01	3.72E+01	2.79E+01	5.59E+04
8	Control	Marino	4	1.01E+00	6.36E+00	8.43E+00	3.54E+01	3.68E+01	2.81E+01	5.53E+04
				5.35E+00	6.34E+00	8.43E+00	3.54E+01	3.68E+01	2.80E+01	5.53E+04
				1.07E+01	6.23E+00	8.43E+00	3.58E+01	3.72E+01	2.79E+01	5.59E+04

Tabla A 2. Concentración promedio y desviación estándar (DE) de sólidos totales suspendidos (STS) en mg/l, en las 8 localidades de muestreo (4 estaciones por cada localidad) en febrero de 2013.

Localidad	Condición	Ambiente	Estación	STS (mg/l)	DE
1	Control	Marino	1	2.1E+01	4.7E+00
			2	2.8E+01	3.0E+00
			3	2.8E+01	3.7E+00
			4	2.6E+01	4.3E+00
2	Influencia	Marino	1	2.1E+01	7.0E+00
			2	3.5E+01	1.8E+00
			3	2.7E+01	4.7E+00
			4	3.0E+01	3.7E+00
3	Influencia	Marino	1	1.3E+01	6.0E+00
			2	2.7E+01	7.4E+00
			3	2.7E+01	8.5E-01
			4	5.8E+01	2.4E+01
4	Influencia	Marino	1	7.9E+01	1.9E+00
			2	7.1E+01	1.9E+00
			3	7.5E+01	8.0E+00
			4	7.4E+01	2.7E+00
5	Influencia	Estuario	1	1.3E+01	1.2E+00
			2	8.8E+00	1.2E+00
			3	1.6E+01	1.6E+01
			4	8.8E+00	4.9E+00
6	Influencia	Marino	1	4.1E+01	1.1E+01
			2	4.6E+01	2.0E+01
			3	6.0E+01	2.6E+01
			4	7.0E+01	2.7E+00
7	Control	Estuario	1	1.6E+01	3.8E+00
			2	1.4E+01	8.5E-01
			3	4.5E+01	1.5E+00
			4	4.0E+01	8.2E+00
8	Control	Marino	1	6.4E+01	2.1E+01
			2	8.7E+01	2.2E+00
			3	9.0E+01	9.4E-01
			4	7.2E+01	7.2E+00

Tabla A 3. Concentración promedio (ppm) y su correspondiente desviación estándar (DE) de aceites y grasas (AYG) e hidrocarburos totales de petróleo (TPH) en la columna de agua, en las 8 localidades de muestreo (4 estaciones por cada localidad) en febrero de 2013.

Localidad	Condición	Ambiente	Estación	AyG (ppm)	DE	TPH (ppm)	DE
1	Control	Marino	1	3.5	1.640	0.1	0.1
			2	4.2	3.04	0.00	0.00
			3	2.9	2.88	0.0	0.000
			4	2.4	1.64	0.00	0.00
2	Influencia	Marino	1	3.5	1.6	0.0	0.00
			2	0.1	0.00	0.0	0.0
			3	0.0	0.1	0.0	0.0
			4	0.8	0.5	0.0	0.1
3	Influencia	Marino	1	0.0	0.1	0.0	0.0
			2	0.9	0.3	0.1	0.1
			3	1.6	0.6	0.6	0.4
			4	0.0	0.1	0.0	0.0
4	Influencia	Marino	1	0.0	0.1	0.0	0.0
			2	0.0	0.0	0.0	0.0
			3	0.0	0.0	0.0	0.0
			4	0.1	0.0	0.0	0.0
5	Influencia	Estuario	1	0.1	0.1	0.0	0.0
			2	0.0	0.0	0.0	0.0
			3	0.0	0.1	0.0	0.0
			4	0.0	0.0	0.0	0.0
6	Influencia	Marino	1	0.0	0.1	0.0	0.0
			2	0.1	0.1	0.0	0.0
			3	0.0	0.0	0.0	0.0
			4	0.0	0.1	0.0	0.0
7	Control	Estuario	1	0.1	0.0	0.0	0.0
			2	0.1	0.0	0.0	0.0
			3	0.00	0.00	0.0	0.0
			4	0.0	0.0	0.0	0.0
8	Control	Marino	1	0.0	0.0	0.0	0.0
			2	0.0	0.0	0.0	0.0
			3	0.0	0.0	0.0	0.0
			4	0.0	0.0	0.0	0.0

Tabla A 4. Concentración de metales en la columna de agua (ppm) en las 8 estaciones de muestreo (4 localidades por cada estación), en febrero de 2013.

Localidad	Estación	Condición	Ambiente	Pb	(DE)	Al	(DE)	Cd	(DE)	Cr	(DE)	Zn	(DE)	Fe	(DE)	Cu	(DE)	Ba	(DE)	As	(DE)
1	1	Control	Marino	0.0E+00	0.0E+00	6.0E-01	8.4E-01	3.3E-04	4.7E-04	3.7E-04	5.2E-04	0.0E+00	0.0E+00	5.6E-02	1.7E-02	3.3E-05	4.7E-05	2.2E-03	3.2E-03	0.0E+00	0.0E+00
	2			0.0E+00	0.0E+00	5.5E-02	1.7E-02	0.0E+00	0.0E+00	5.3E-04	4.7E-04	2.2E-03	2.4E-03	8.2E-02	1.6E-02	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
	3			0.0E+00	0.0E+00	3.7E-02	2.3E-02	0.0E+00	0.0E+00	3.0E-04	8.2E-05	3.0E-04	4.2E-04	4.3E-02	1.1E-02	0.0E+00	0.0E+00	1.7E-04	2.4E-04	0.0E+00	0.0E+00
	4			2.3E-04	3.3E-04	9.1E-02	1.3E-01	3.3E-05	4.7E-05	5.3E-04	7.5E-04	5.0E-04	7.1E-04	2.7E-02	1.4E-02	6.7E-05	9.4E-05	5.0E-04	7.1E-04	0.0E+00	0.0E+00
2	1	Influencia	Marino	0.0E+00	0.0E+00	6.5E-02	7.4E-02	0.0E+00	0.0E+00	1.7E-04	1.2E-04	0.0E+00	0.0E+00	8.2E-02	7.4E-02	2.0E-04	2.2E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
	2			0.0E+00	0.0E+00	1.3E-01	1.9E-02	0.0E+00	0.0E+00	1.7E-04	2.4E-04	0.0E+00	0.0E+00	1.4E-01	3.9E-02	2.7E-04	2.1E-04	0.0E+00	0.0E+00	6.0E-04	8.5E-04
	3			2.3E-03	3.2E-03	1.3E-02	9.7E-03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.8E-02	6.4E-03	3.3E-04	2.1E-04	0.0E+00	0.0E+00	8.0E-04	1.1E-03
	4			0.0E+00	0.0E+00	4.6E-03	3.3E-03	0.0E+00	0.0E+00	3.3E-05	4.7E-05	0.0E+00	0.0E+00	1.5E-02	1.2E-03	3.0E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
3	1	Influencia	Marino	0.0E+00	0.0E+00	4.6E-02	1.0E-02	0.0E+00	0.0E+00	6.7E-05	9.4E-05	2.2E-03	3.2E-03	5.2E-02	3.5E-03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
	2			0.0E+00	0.0E+00	3.4E-02	1.0E-02	0.0E+00	0.0E+00	8.7E-04	1.2E-03	2.3E-03	1.7E-03	3.6E-02	7.1E-03	3.0E-04	2.2E-04	3.3E-04	4.7E-04	0.0E+00	0.0E+00
	3			0.0E+00	0.0E+00	5.3E-03	3.8E-03	0.0E+00	0.0E+00	6.7E-05	4.7E-05	3.3E-03	4.7E-03	1.6E-02	4.5E-03	2.3E-04	1.7E-04	0.0E+00	0.0E+00	6.0E-04	8.5E-04
	4			0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	8.6E-03	1.8E-03	0.0E+00	0.0E+00	6.7E-05	9.4E-05	0.0E+00	0.0E+00
4	1	Influencia	Marino	3.3E-04	4.7E-04	3.2E-02	2.2E-02	0.0E+00	0.0E+00	2.7E-04	2.4E-04	2.4E-03	1.7E-03	5.4E-02	1.6E-02	2.7E-04	1.9E-04	0.0E+00	0.0E+00	1.1E-03	1.6E-03
	2			1.0E-04	1.4E-04	2.5E-02	1.3E-02	0.0E+00	0.0E+00	1.3E-04	1.2E-04	3.6E-03	5.1E-03	2.5E-02	1.3E-02	2.0E-04	1.4E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
	3			2.3E-04	3.3E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	3.3E-05	4.7E-05	1.7E-03	1.9E-03	2.9E-02	2.6E-02	6.7E-05	9.4E-05	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
	4			0.0E+00	0.0E+00	8.5E-03	6.1E-03	0.0E+00	0.0E+00	3.0E-04	2.2E-04	2.4E-03	3.4E-03	4.0E-02	2.4E-02	0.0E+00	0.0E+00	1.0E-04	1.4E-04	0.0E+00	0.0E+00
5	1	Influencia	Estuario	0.0E+00	0.0E+00	2.4E-01	1.7E-01	0.0E+00	0.0E+00	3.7E-04	2.9E-04	3.7E-03	3.2E-03	1.2E-01	7.8E-02	8.3E-04	6.0E-04	4.7E-04	6.6E-04	0.0E+00	0.0E+00
	2			6.6E-03	7.3E-03	7.6E-01	3.4E-01	3.3E-04	2.4E-04	1.6E-03	1.8E-03	2.8E-02	3.0E-02	2.4E-01	8.8E-02	1.5E-03	5.1E-04	4.6E-03	3.4E-03	0.0E+00	0.0E+00
	3			0.0E+00	0.0E+00	2.6E-01	1.1E-01	3.3E-05	4.7E-05	9.0E-04	5.0E-04	5.0E-03	1.9E-03	1.6E-01	2.6E-02	8.7E-04	1.7E-04	1.1E-03	5.4E-04	0.0E+00	0.0E+00
	4			5.7E-04	4.0E-04	4.8E-01	3.7E-01	0.0E+00	0.0E+00	2.3E-04	3.3E-04	6.7E-03	3.4E-03	2.7E-01	1.9E-01	1.5E-03	9.4E-04	3.0E-04	2.4E-04	0.0E+00	0.0E+00
6	1	Influencia	Marino	0.0E+00	0.0E+00	1.3E-01	2.4E-02	1.0E-04	8.2E-05	1.7E-04	1.7E-04	2.1E-03	1.5E-03	8.6E-02	1.4E-02	5.7E-04	4.7E-05	0.0E+00	0.0E+00	1.6E-03	2.2E-03
	2			0.0E+00	0.0E+00	4.3E-02	5.2E-02	1.3E-04	1.9E-04	0.0E+00	0.0E+00	3.6E-03	2.6E-03	2.5E-02	6.1E-03	6.7E-05	9.4E-05	0.0E+00	0.0E+00	1.1E-03	1.6E-03
	3			0.0E+00	0.0E+00	5.6E-03	7.9E-03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	7.0E-04	9.9E-04	1.0E-02	4.5E-03	8.4E-03	1.2E-02	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
	4			0.0E+00	0.0E+00	1.5E-02	2.2E-02	1.0E-04	1.4E-04	1.7E-04	2.4E-04	1.2E-03	1.6E-03	1.1E-02	5.8E-03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
7	1	Control	Estuario	0.0E+00	0.0E+00	3.5E-01	1.5E-01	0.0E+00	0.0E+00	4.0E-04	0.0E+00	1.3E-03	1.2E-03	3.5E-01	9.6E-02	7.0E-04	1.4E-04	2.7E-04	2.1E-04	0.0E+00	0.0E+00
	2			0.0E+00	0.0E+00	2.1E-01	1.2E-01	0.0E+00	0.0E+00	3.3E-04	2.5E-04	0.0E+00	0.0E+00	1.9E-01	5.1E-02	1.6E-03	1.4E-04	2.0E-04	1.6E-04	0.0E+00	0.0E+00
	3			0.0E+00	0.0E+00	9.0E-01	2.2E-01	0.0E+00	0.0E+00	1.0E-03	5.0E-04	1.7E-03	2.4E-03	7.0E-01	6.4E-02	2.6E-03	1.7E-04	1.3E-04	9.4E-05	0.0E+00	0.0E+00
	4			0.0E+00	0.0E+00	1.9E-01	3.3E-02	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	5.7E-03	9.4E-05	1.8E-01	2.5E-02	2.1E-03	5.0E-04	0.0E+00	0.0E+00	5.0E-04	7.1E-04
8	1	Control	Marino	0.0E+00	0.0E+00	8.5E-01	5.5E-02	0.0E+00	0.0E+00	8.7E-04	4.7E-05	2.0E-03	1.5E-03	6.9E-01	6.4E-02	2.6E-03	2.1E-04	3.3E-05	4.7E-05	1.1E-03	1.6E-03
	2			3.3E-04	4.7E-04	8.0E-01	2.4E-01	0.0E+00	0.0E+00	8.0E-04	8.2E-05	2.2E-03	3.1E-03	6.8E-01	7.8E-02	2.8E-03	2.1E-04	2.0E-04	2.8E-04	9.0E-04	1.3E-03
	3			0.0E+00	0.0E+00	1.5E+00	5.3E-01	6.7E-05	9.4E-05	1.2E-03	3.4E-04	2.9E-03	2.3E-03	1.1E+00	1.7E-01	3.6E-03	1.9E-04	8.0E-04	6.5E-04	1.4E-03	2.0E-03
	4			0.0E+00	0.0E+00	5.0E-01	6.5E-02	0.0E+00	0.0E+00	7.0E-04	2.8E-04	0.0E+00	0.0E+00	3.2E-01	3.5E-02	2.6E-03	1.2E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00

Tabla A 5. Características granulométricas de los sedimentos superficiales en las 8 localidades de muestreo en febrero de 2013.

Ambiente	Condición	Localidad	Estación	% Grava	DE	% Arena	DE	% Fango	DE	Arena muy gruesa	Arena gruesa	Arena media	Arena fina	Arena muy fina
Estuario	Control	L7	E1	0.033	0.056	94	0.025	5.8	0.031	0.85	18	63	10	2.0
			E2	0.096	0.097	95	0.73	4.7	0.79	2.0	42	46	4.3	0
			E3	10	5.3	87	5.1	3.2	0.13	26	54	5.1	0.84	0
			E4	0.18	0.22	56	13	43	13	1.6	16	25	10	4.2
	Influencia	L5	E1	0.038	0.066	97	1.1	3.5	1.05	0.94	16	54	23	2.5
			E2	0.036	0.063	98	0.401	1.5	0.40	0.61	11	61	25	0.76
			E3	0.31	0.20	95	1.8	4.9	1.9	1.80	30	57	5.2	1.0
			E4	3.9	4.5	88	4.3	7.9	0.80	2.8	34	45	4.3	2.5
Marino	Control	L1	E1	0	0	14	2.1	86	2.1	0.17	0.17	0.17	0.7	13
			E2	0	0	47	6.8	53	6.8	0.10	0.23	0.63	2.2	44
			E3	0.034	0.058	55	2.4	45	2.4	0.11	0.34	1.1	3.4	50
			E4	0.13	0.0042	67	0.87	33	0.87	0.51	1.5	2.3	12	51
		L8	E1	0.43	0.41	90	2.8	9.2	2.8	0.97	1.9	2.6	14	71
			E2	0	0	82	2.3	18	2.3	0.13	0.48	0.83	8.6	72
			E3	0	0	36	4.5	64	4.5	0.13	0.50	0.92	2.0	33
			E4	0	0	39	6.4	61	6.4	0.12	0.25	0.41	1.1	37
	Influencia	L2	E1	0	0	93	0.74	6.7	0.74	0.13	1.7	6.6	36	49
			E2	0	0	94	0.60	5.7	0.60	0.11	0.34	1.3	47	45
			E3	0.17	0.063	29	5.08	71	5.1	0.56	1.2	3.0	8.5	16
			E4	4.8	1.68	32	2.39	63	2.8	4.81	6.3	6.6	6.7	7.4
		L3	E1	0	0	95	0.18	5.001	0.18	0.12	0.33	1.4	37	56
			E2	0.048	0.082	97	1.1	3.04	1.05	0.14	0.33	1.8	50	44
			E3	0.50	0.0028	76	0.66	23	0.66	1.3	3.2	7.1	24	41
			E4	0.74	0.44	61	2.8	38	2.9	0.78	3.2	4.0	23	30
		L4	E1	0	0	92	1.9	7.8	1.9	0.10	0.23	1.0	49	42
			E2	0	0	91	3.8	9.4	3.8	0.13	2.7	37	45	5.8
			E3	3.5	2.1	86	3.0	10	1.6	9.6	36	29	10	1.7
			E4	0.15	0.016	76	9.4	24	9.4	0.57	1.0	6.0	51	17
		L6	E1	0.47	0.45	88	2.1	12	1.7	0.23	0.2	0.5	10	76
			E2	0.32	0.20	96	0.99	3.7	0.81	0.20	0.7	4.2	70	21
			E3	4.2	2.0	92	2.0	3.6	0.32	9.2	50	31	2.2	0.43
			E4	12	6.7	77	7.6	11.5	2.6	16	22	12	9.3	18

Tabla A 6. Concentración promedio de nutrientes en muestras de sedimento (mg/L) en febrero de 2013. Promedio de Nitrógeno orgánico total (NTO) y Fósforo total (P). DE: Desviación estándar; ND: No detectable.

Ambiente	Condición	Localidad	Estación	NTO (mg/L)	P (mg/L)	DE
Estuario	Control	7	1	ND	ND	ND
			2	ND	ND	ND
			3	ND	ND	ND
			4	ND	ND	ND
	Influencia	5	1	ND	0.087	0.021
			2	ND	ND	ND
			3	ND	ND	ND
			4	ND	ND	ND
Marino	Control	1	1	ND	ND	ND
			2	ND	ND	ND
			3	ND	ND	ND
			4	ND	ND	ND
		8	1	ND	0.080	0.024
			2	ND	ND	ND
			3	ND	ND	ND
			4	ND	ND	ND
	Influencia	2	1	ND	ND	ND
			2	ND	ND	ND
			3	ND	ND	ND
			4	ND	ND	ND
		3	1	ND	0.070	0.010
			2	ND	0.085	0.025
			3	ND	ND	ND
			4	ND	ND	ND
		4	1	ND	ND	ND
			2	ND	ND	ND
			3	ND	ND	ND
			4	ND	ND	ND
		6	1	ND	ND	ND
			2	ND	ND	ND
			3	ND	ND	ND
			4	ND	ND	ND

Tabla A 7. Concentración promedio (ppm) y su correspondiente Desviación Estándar (DE) de aceites y grasas (AyG) e hidrocarburos totales de petróleo (TPH) en sedimento, en las 8 localidades de muestreo (4 estaciones por cada localidad), en febrero de 2013.

Localidad	Condición	Ambiente	Estación	AyG (ppm)	DE	TPH (ppm)	DE
1	Control	Marino	1	1.12E+04	5.56E+03	6.38E+03	1.93E+03
			2	8.78E+03	4.72E+03	2.78E+03	5.99E+02
			3	7.44E+03	6.48E+03	2.07E+03	1.81E+03
			4	3.74E+02	2.82E+02	2.34E+02	1.70E+02
2	Influencia	Marino	1	2.35E+03	1.20E+03	1.38E+03	8.19E+02
			2	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
			3	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
			4	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
3	Influencia	Marino	1	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
			2	1.11E+03	7.38E+02	1.08E+02	1.53E+02
			3	1.09E+03	2.83E+02	7.83E+02	2.21E+02
			4	3.05E+03	2.80E+03	1.60E+03	1.10E+03
4	Influencia	Marino	1	6.06E+03	3.04E+03	5.63E+02	4.50E+02
			2	4.92E+03	8.23E+02	2.94E+03	5.93E+02
			3	3.26E+03	6.67E+02	9.46E+02	8.91E+02
			4	3.39E+03	1.27E+03	1.16E+03	3.74E+02
5	Influencia	Estuario	1	3.12E+03	2.27E+02	6.57E+02	1.02E+02
			2	2.09E+03	5.14E+02	6.31E+02	6.40E+01
			3	2.52E+03	1.46E+02	6.85E+02	1.77E+02
			4	3.89E+03	7.74E+02	6.56E+02	1.03E+02
6	Influencia	Marino	1	3.78E+03	9.41E+02	2.41E+03	4.02E+02
			2	5.39E+02	2.53E+02	0.00E+00	0.00E+00
			3	3.13E+02	2.11E+02	2.55E+02	1.83E+02
			4	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
7	Control	Estuario	1	7.11E+03	1.65E+03	4.60E+03	1.88E+02
			2	8.22E+03	3.37E+03	4.60E+03	1.26E+03
			3	8.94E+03	2.35E+03	7.84E+03	2.22E+03
			4	1.04E+04	3.12E+03	6.09E+03	4.65E+03
8	Control	Marino	1	5.34E+03	1.50E+03	3.54E+03	1.11E+03
			2	3.38E+03	1.31E+03	2.00E+03	1.11E+03
			3	6.14E+03	4.94E+03	4.12E+03	3.09E+03
			4	1.57E+03	6.33E+02	9.26E+02	4.30E+02

Tabla A 8. Concentración promedio (ppm) de metales pesados en sedimento y su correspondiente Desviación Estándar (DE), en las 8 localidades de muestreo (4 estaciones por cada localidad), en febrero de 2013.

Localidad	Estación	Condición Ambiente		Pb	(DE)	Al	(DE)	Cd	(DE)	Cr	(DE)	Zn	(DE)	Fe	(DE)	Cu	(DE)	Ba	(DE)	As	(DE)
1	1	Control	Marino	7.4E-01	1.1E+00	3.5E+04	2.6E+03	5.9E+00	2.7E-01	1.8E+01	1.4E+00	5.9E+01	3.6E+00	2.7E+04	1.5E+03	3.5E+01	1.7E+00	3.7E+01	4.9E+00	0.0E+00	0.0E+00
	2			1.9E+00	1.3E+00	3.3E+04	5.5E+03	6.6E+00	3.9E-01	2.3E+01	1.3E+00	6.7E+01	3.8E+00	3.1E+04	2.1E+03	2.5E+01	2.1E+00	4.1E+01	1.9E+01	2.1E+01	1.9E+00
	3			9.9E-01	1.4E+00	3.8E+04	1.9E+03	6.8E+00	3.3E-01	2.2E+01	2.0E+00	6.7E+01	3.4E+00	3.1E+04	2.0E+03	2.7E+01	4.9E-01	5.0E+01	1.2E+01	2.7E+01	1.7E+00
	4			1.2E+00	1.7E+00	4.2E+04	1.3E+03	8.5E+00	5.0E-01	2.6E+01	1.4E+00	8.3E+01	5.0E+00	3.8E+04	2.5E+03	2.6E+01	1.4E+00	1.9E+02	1.9E+02	3.6E+01	8.6E-01
2	1	Influencia	Marino	1.5E+00	2.1E+00	2.0E+04	5.6E+03	7.5E+00	1.4E+00	3.1E+01	7.1E+00	7.4E+01	7.4E+00	3.3E+04	4.5E+03	1.8E+01	2.0E+00	1.2E+01	4.4E+00	6.6E+00	9.3E+00
	2			6.8E-01	9.7E-01	2.9E+04	4.4E+03	7.6E+00	1.6E+00	3.0E+01	6.4E+00	7.5E+01	1.4E+01	3.3E+04	6.1E+03	1.4E+01	2.5E+00	2.2E+01	3.0E+00	3.5E+01	4.0E+00
	3			1.2E+00	1.7E+00	3.1E+04	1.6E+03	4.8E+00	1.9E-01	1.6E+01	6.4E-01	4.8E+01	4.6E+00	2.2E+04	8.0E+02	3.1E+01	1.8E+00	4.3E+01	5.4E+00	1.4E+01	1.8E+00
	4			1.6E+00	2.2E+00	3.9E+04	2.1E+03	5.9E+00	3.1E-01	1.8E+01	8.0E-01	5.8E+01	1.8E+00	2.6E+04	1.2E+03	3.6E+01	2.6E+00	5.3E+01	4.8E+00	1.2E+01	8.9E+00
3	1	Influencia	Marino	1.8E+00	2.5E+00	2.3E+04	8.4E+03	7.9E+00	1.4E+00	3.3E+01	8.8E+00	7.6E+01	1.1E+01	3.3E+04	3.8E+03	8.3E+00	3.7E+00	1.3E+01	5.8E+00	3.0E+01	1.3E+01
	2			1.3E+00	1.9E+00	3.2E+04	1.4E+04	9.2E+00	2.2E+00	3.8E+01	1.0E+01	9.8E+01	2.3E+01	4.0E+04	8.4E+03	1.3E+01	5.6E+00	1.6E+01	8.5E+00	4.9E+01	1.4E+01
	3			2.0E+00	1.4E+00	3.1E+04	7.4E+03	7.8E+00	3.1E-01	2.6E+01	2.2E+00	8.9E+01	2.3E+00	3.4E+04	8.6E+02	2.3E+01	3.9E+00	2.1E+01	8.2E+00	2.5E+01	1.8E+00
	4			2.8E+00	2.0E+00	3.5E+04	9.0E+03	7.1E+00	2.1E+00	2.3E+01	9.5E+00	1.0E+02	1.1E+01	3.2E+04	9.1E+03	2.6E+01	1.8E+00	2.7E+01	1.2E+01	2.1E+01	1.5E+01
4	1	Influencia	Marino	2.5E+00	1.8E+00	2.0E+04	3.8E+03	7.1E+00	9.8E-01	3.0E+01	5.9E+00	7.9E+01	6.6E+00	3.1E+04	3.8E+03	8.0E+00	1.4E+00	1.1E+01	4.2E+00	1.5E+01	1.0E+01
	2			0.0E+00	0.0E+00	1.6E+04	1.9E+03	3.6E+00	9.0E-02	1.5E+01	7.9E-01	4.4E+01	1.8E+00	1.6E+04	7.5E+02	6.6E+00	7.3E-01	1.2E+01	3.4E+00	0.0E+00	0.0E+00
	3			2.2E+00	4.8E-01	1.6E+04	2.6E+03	4.9E+00	9.4E-01	1.4E+01	1.5E+00	5.3E+01	9.8E+00	2.1E+04	4.1E+03	6.5E+00	1.3E+00	1.1E+01	1.9E+00	2.6E+01	1.9E+01
	4			2.9E+00	2.1E+00	3.3E+04	5.0E+03	8.5E+00	3.5E-01	2.9E+01	8.7E-01	1.1E+02	1.0E+01	3.8E+04	1.7E+03	1.6E+01	4.0E+00	1.9E+01	7.1E+00	2.4E+01	1.7E+01
5	1	Influencia	Estuario	0.0E+00	0.0E+00	2.6E+04	4.4E+03	4.0E+00	6.9E-01	1.1E+01	1.4E+00	1.1E+02	5.5E+01	2.0E+04	3.5E+03	5.7E+01	4.7E+00	2.9E+01	1.6E+00	0.0E+00	0.0E+00
	2			0.0E+00	0.0E+00	9.5E+03	4.1E+03	1.8E+00	7.2E-01	6.3E+00	2.7E+00	3.5E+01	2.0E+01	9.1E+03	3.9E+03	3.0E+01	1.0E+01	1.3E+01	4.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
	3			2.5E+00	1.9E+00	3.0E+04	8.2E+03	7.5E+00	1.6E+00	2.1E+01	3.9E+00	1.2E+02	4.4E+01	3.8E+04	7.8E+03	7.2E+01	2.0E+01	3.9E+01	1.1E+01	0.0E+00	0.0E+00
	4			5.1E-01	7.3E-01	2.8E+04	9.2E+03	4.2E+00	1.1E+00	1.2E+01	3.6E+00	5.7E+01	1.1E+01	2.0E+04	5.7E+03	6.5E+01	1.9E+01	2.8E+01	8.5E+00	0.0E+00	0.0E+00
6	1	Influencia	Marino	6.7E+00	5.2E+00	2.0E+04	6.4E+03	1.5E+01	4.3E+00	8.6E+01	3.0E+01	1.7E+02	2.3E+01	3.8E+04	2.3E+03	1.1E+01	1.7E+00	1.3E+01	5.4E+00	1.4E+01	2.3E+00
	2			6.1E-01	8.7E-01	2.8E+04	4.1E+03	6.8E+00	6.3E-01	3.0E+01	2.2E+00	9.3E+01	1.9E+01	3.1E+04	2.5E+03	1.0E+01	1.7E+00	1.5E+01	2.2E+00	2.6E+01	1.9E+01
	3			1.3E+00	9.5E-01	4.2E+03	6.1E+02	2.3E+00	2.0E-01	1.5E+01	8.0E-01	1.5E+01	2.0E+00	9.7E+03	6.4E+02	1.7E+00	3.1E-01	5.8E+00	9.3E-01	4.4E+01	4.0E+00
	4			2.4E+00	2.0E+00	2.2E+04	7.3E+03	6.5E+00	1.3E+00	2.2E+01	3.6E+00	3.8E+01	1.4E+01	2.7E+04	4.3E+03	2.2E+01	4.4E+00	1.7E+01	7.3E+00	3.5E+01	8.1E+00
7	1	Control	Estuario	3.0E+00	2.3E+00	3.3E+04	9.4E+03	1.0E+01	2.2E+00	3.6E+01	7.2E+00	5.7E+01	1.2E+01	4.8E+04	1.0E+04	4.3E+01	4.0E+00	1.1E+02	3.3E+01	3.0E+00	2.1E+00
	2			1.9E+00	2.7E+00	3.9E+04	7.2E+03	1.1E+01	3.9E+00	4.1E+01	1.5E+01	5.9E+01	1.6E+01	5.2E+04	1.8E+04	4.2E+01	5.8E+00	1.1E+02	2.0E+01	5.3E+00	3.8E+00
	3			4.0E-01	5.7E-01	4.1E+04	4.9E+03	8.6E+00	9.4E-01	2.5E+01	2.6E+00	7.3E+01	5.8E+00	4.4E+04	3.8E+03	4.6E+01	4.0E+00	9.8E+01	6.1E+00	3.9E+00	5.5E+00
	4			0.0E+00	0.0E+00	4.1E+04	1.3E+04	7.8E+00	1.5E+00	2.7E+01	5.2E+00	5.9E+01	1.1E+01	3.9E+04	6.5E+03	6.2E+01	7.8E+00	1.2E+02	2.4E+01	3.0E+00	4.2E+00
8	1	Control	Marino	8.4E+00	3.1E+00	2.1E+04	1.4E+03	1.9E+01	5.8E+00	9.0E+01	3.1E+01	7.9E+01	8.7E+00	4.7E+04	1.4E+04	1.6E+00	1.8E+00	9.3E+00	2.2E-01	6.2E+00	8.7E+00
	2			0.0E+00	0.0E+00	2.8E+04	6.4E+03	1.1E+01	1.6E+00	4.6E+01	1.0E+01	7.1E+01	8.2E+00	4.8E+04	7.5E+03	1.3E+01	2.3E+00	1.1E+01	3.5E+00	3.1E+01	2.5E+00
	3			7.9E-01	1.1E+00	3.9E+04	1.8E+04	7.4E+00	3.1E+00	3.3E+01	1.3E+01	5.8E+01	9.7E+00	3.6E+04	1.3E+04	4.4E+01	9.6E+00	3.1E+01	1.5E+01	8.6E+00	1.2E+01
	4			2.0E+00	1.5E+00	5.0E+04	8.2E+03	1.1E+01	1.1E+00	4.5E+01	7.9E+00	7.9E+01	4.7E-01	4.8E+04	5.4E+03	4.1E+01	4.4E+00	3.5E+01	1.7E+01	2.8E+01	6.1E+00

VIII. ANEXOS B

Tabla B 1. Taxones zooplanctónicos encontrados en las ocho localidades de estudio, en febrero de 2013.

Localidades	1				2				3				4				5				6				7				8			
Estaciones	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
RADIOLARIOS									X												X	X		X								X
SIFONÓFOROS																																
<i>Abylopsis tetragona</i>																					X		X									
<i>Bassia</i> sp.			X	X	X		X	X			X	X	X		X	X							X	X								
<i>Chelophyes appendiculata</i>																					X		X	X								
Sifonóforo no id		X	X	X	X		X			X	X	X		X	X	X					X		X	X				X				
MEDUSAS																																
Medusa Juvenil						X																										
<i>Lensia</i> sp.																								X								
POLIUQUETOS Holoplanctónicos															X																	
OSTRÁCODOS											X																					
CLADÓCEROS																																
<i>Penilia avirostris</i>															X																	
<i>Pseudevadne tergestina</i>	X		X		X	X	X	X	X		X			X							X											
GASTRÓPODOS																																
Holoplanctónicos																																
<i>Atlanta</i> sp.			X		X		X		X		X	X		X		X							X						X			
<i>Cresseis</i> sp.			X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X					X	X		X								
<i>Limacina</i> sp.				X	X																											
COPÉPODOS																																

Copepoditos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
<i>Calanopia americana</i>		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				X	X									X
<i>Caligus sp.</i>																											X			
<i>Calocalanus pavo</i>		X						X												X										
<i>Candacia pachydactyla</i>					X															X	X		X					X		
<i>Centropages velificatus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X		X	X	X	X				X	X	X	X
<i>Clausocalanus arcuicornis</i>							X	X																						
<i>Copilia mirabilis</i>		X	X	X				X			X		X			X				X	X		X				X	X		X
<i>Corycaeus (C.) speciosus</i>	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				X	X	X	X				X	X	X	X
<i>Corycaeus (O.) catus</i>		X						X												X										
<i>Euchaeta marina</i>											X									X		X	X							
<i>Farranula gracilis</i>					X		X	X	X																					
<i>Labidocera aestiva</i>								X			X		X	X															X	X
<i>Labidocera scotti</i>	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X		X	X					X	X	X					X		X
<i>Monstrilla sp.</i>																											X			
<i>Oithona plumifera</i>		X	X			X							X		X															
<i>Oncaea mediterranea</i>	X	X		X	X	X	X	X	X																			X		
<i>Pontellina plumata</i>			X					X			X	X			X	X				X								X	X	X
<i>Pontellopsis brevis</i>								X					X																	X
<i>Subeucalanus subcrassus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				X	X	X					X	X	X	X
<i>Temora stylifera</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				X	X	X	X	X				X	X	X
<i>Temora turbinata</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				X	X	X	X			X		X	X	X
<i>Undinula vulgaris</i>		X	X	X		X	X	X	X	X	X		X		X	X				X	X		X				X	X		X
ANFÍPODOS																														
<i>Nototropis minikoi</i>																												X		
Gammarido no id																	X													
Hipérido no id	X			X						X	X	X															X	X		
DECÁPODOS Holoplanctónicos																														

<i>Lucifer faxoni</i>	X				X	X	X	X			X	X	X	X	X	X			X			X	X	X		X	
QUETOGNATOS																											
Quetognato juvenil	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X			X					X	X		X
<i>Flaccisagitta enflata</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X			X	X		X						
<i>Parasagitta tenuis</i>					X				X						X												
Quetognato no identificable								X		X													X				
TUNICADOS Holoplanctónicos																											
Apendicularios				X	X	X	X	X	X		X			X	X												
<i>Salpa</i> sp.						X							X					X	X								
MEROPLANCTON																											
Larvas Poliquetos	X				X	X	X	X	X		X			X				X	X						X		
Larvas Bivalvos												X	X														
Larvas Braquiópodos		X																									
Larvas Gastrópodos			X	X				X	X	X	X		X		X			X	X	X	X				X	X	
Larvas Equinodermos							X			X	X	X			X												
Larvas Decápodos	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X		X	X		X			X	X	X	X
Larvas Camarón											X																X
Larvas Stomatópodos					X																						
Larvas Porcelanidae													X	X										X	X	X	X
Zoeas Brachyura	X			X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X			X	X		X	X	X	X	X	X	X
Megalopa	X										X		X				X						X	X	X	X	
Huevos Pez	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X		X	X	X	X			X	X	X	X
Larvas Pez	X			X	X		X	X			X							X	X		X	X	X	X		X	

Tabla B 2. Lista de especies de microalgas identificadas en las muestras de Fitoplancton en la Campaña de febrero de 2013.

Chromista		<i>Rhizosolenia hebetata</i>	J.W.Bailey, 1856
Ochromophyta		<i>Neocalyptrella robusta</i>	Hernández-Becerril & Meave del Castillo, 1997
Bacillariophyceae		<i>Rhizosolenia styliformis</i>	T.Brightwell, 1858
Bacillariales		Striatellales	
<i>Bacillaria</i>	J.F.Gmelin, 1791	<i>Grammatophora angulosa</i>	Ehrenberg 1840
<i>Nitzschia acicularis</i>	(Kützing) W.Smith, 1853	Surirellales	
<i>Nitzschia angularis</i>	W.Smith, 1853	<i>Entomoneis alata</i>	Ehrenberg 1845
<i>Nitzschia distans</i>	W.Gregory, 1857	<i>Campylodiscus</i>	Ehrenberg ex Kützing, 1844
<i>Pseudo-nitzschia pungens</i>	(Grunow ex Cleve) G.R.Hasle, 1993	<i>Cymatopleura</i>	W.Smith, 1851
<i>Nitzschia recta</i>	Hantzsch ex Rabenhorst, 1862	Tabellariales	
<i>Nitzschia sigma</i>	(Kützing) W.Smith, 1853	<i>Tabellaria</i>	Ehrenberg ex Kützing, 1844
Biddulphiales		<i>Tabellaria</i>	Ehrenberg ex Kützing, 1844
<i>Biddulphia biddulphiana</i>	(J.E.Smith) Boyer, 1900	Thalassionematales	
<i>Biddulphia alternans</i>	(JW Bailey) Van Heurck	<i>Thalassionema frauenfeldii</i>	(Grunow) Tempère & Peragallo, 1910
Chaetocerotanae incertae sedis		<i>Thalassionema nitzschioides</i>	(Grunow) Mereschkowsky, 1902
<i>Bacteriastrium</i>	Shadbolt, 1854	Thalassiophysales	
<i>Bacteriastrium hyalinum</i>	Lauder, 1864	<i>Amphora commutata</i>	Grunow, 1880
<i>Attheya</i>	T.West, 1860	<i>Okedenia inflexa</i>	(de Brébisson ex Kützing) De Toni, 1894
<i>Chaetoceros capense</i>	Karsten	<i>Amphora grevilleana</i>	Gregory, 1857
<i>Chaetoceros convolutus</i>	Crastacane 1886	<i>Amphora</i>	Ehrenberg ex Kützing, 1844
<i>Chaetoceros affinis</i>	Lauder, 1884	Thalassiosirales	
<i>Chaetoceros constrictus</i>	Gran, 1897	<i>Lauderia annulata</i>	Cleve, 1873
<i>Chaetoceros danicus</i>	Cleve, 1889	<i>Thalassiosira</i>	Cleve, 1873
<i>Chaetoceros sociale</i>	H.S. Lauder, 1864	<i>Triceratiales</i>	
<i>Chaetoceros</i>	Ehrenberg, 1844	<i>Odontella mobiliensis</i>	(J.W.Bailey) Grunow, 1884
Corethrales		Chromista	
<i>Corethron</i>	Castracane, 1886	Myxozoa	
Coscinodiscales		Peridinea	
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	Ehrenberg, 1840	Dinophysida	
<i>Coscinodiscus granii</i>	Gough, 1905	<i>Dinophysis caudata</i>	Saville-Kent, 1881

IX. ANEXOS C

Tabla C 1. Lista taxonómica de los grupos identificados en la comunidad bentónica en las localidades marinas y estuarinas en febrero de 2013.

Phylum	Clase	Orden	Familia	Localidades Marinas	Localidades Estuarinas
Annelida	Polychaeta	Eunicida	Dorvilleidae	x	
			Eunicidae	x	
			Euphrosinidae	x	
			Lumbrineridae	x	
			Onuphidae	x	
			Eulephetidae	x	
			Glyceridae	x	
			Goniadidae	x	
			Lacydoniidae	x	
			Hesionidae	x	
		Phyllodocida	Nepthyidae	x	
			Nereididae	x	x
			Phyllodocidae	x	
			Pilargidae	x	
			Polynoidae	x	
			Sigalionidae	x	
			Syllidae	x	
		Sabellida	Oweniidae	x	
			Sabellidae	x	
			Magelonidae	x	
			Spionidae	x	x
			Ampharetidae	x	x
			Cirratulidae	x	
			Flabelligeridae	x	
			Pectinoridae	x	
			Sternaspidae	x	x
			Terebellidae	x	
		Terebellida	Trichobranchidae	x	
			Capitellidae	x	
			Cossuridae	x	
			Maldanidae	x	
			Opheliidae	x	
			Orbiniidae	x	
			Paraonidae	x	
			Questidae	x	
Arthropoda	Maxillopoda	Copepoda		x	
		Ostracoda		x	
		Decapoda		x	
		Anfípoda		x	x
	Malacostraca	Isopoda		x	
		Tanaidacea		x	
		Cumacea		x	

Unirramea	Insecta	Diptera	Chironomidae	x	
	Arachnida	Ácaros		x	
Cnidaria		Pennatulacea	<i>Renilla</i>	x	
Echinodermata	Asteroidea			x	
	Echinoidea			x	
	Holothuroidea			x	
	Ophiuroidea			x	
Molusca	Bivalvia			x	x
	Gasteropoda			x	x
	Scaphopoda			x	
Nematoda				x	
Nemertina				x	
Sipuncula				x	
Chordata					
	Cephalochordata		Amphioxo	x	
	Vertebrata	Pisces		x	
9	13	14	39	55	7

Tabla C 2. Densidad promedio (+ DE) de las familias de poliquetos identificadas en las localidades estuarinas.

Familias de Poliquetos	L5								L7							
	E1		E2		E3		E4		E1		E2		E3		E4	
	Prom	DE	Prom	DE	Prom	DE	Prom	DE	Prom	DE	Prom	DE	Prom	DE	Prom	DE
Ampharetidae	101	100.0	14.4	25.0	0	0	14.4	25.0	0	0	14.4	25.0	72.1	50.0	57.7	50.0
Nereididae	57.7	50.0	43.3	43.3	14.4	25.0	28.9	50.0	0	0	0	0	0	0	28.9	50.0
Spionidae	0	0	0	0	0	0	0	0	14.4	25.0	0	0	0	0	0	0
Sternaspidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14.4	25.0
Total general	159	132	57.7	66.1	14.4	25.0	43.3	75.0	14.4	25.0	14.4	25.0	72.1	50.0	101	66.1
N de Familias	2		2		1		2		1		1		1		3	

Anexo D 1. Informe Ictiológico Estuario Río Caimito (Preparado por: Carlos Vega M. Sc., Marcos Núñez, M.Sc., y Darys Delgado M. Sc.)

1 Resumen

Como parte de las actividades del **Plan de Acción para la Conservación del Ecosistema Marino Costero del Área de Influencia del Proyecto Cobre Panamá**, se realizó la segunda campaña de monitoreo del 23 de febrero al 06 de marzo del presente año, la cual contempló la evaluación de la ictiofauna presente en el área del estuario del río Caimito.

En base a los resultados obtenidos se reportan un total de 14 familias, 17 géneros y 26 especies, de las cuales 25 especies son de origen marino y de importancia comercial según los criterios de Carpenter, 2002 (Vol. 2 y 3). La familia Carangidae (jureles) mostró la mayor variedad de especies con cuatro, seguida de las familias Centropomidae (robalos), Eliotridae (guabina) y Gerridae (mojarras) con tres especies cada una y las familias Lutjanidae (pargos) y Sygnathidae (pez palo) con dos especies cada una.

Cabe resaltar el reporte de 14 especies nuevas, en comparación con el primer monitoreo realizado en octubre de 2012, lo que indica la alta diversidad de especies presentes en el área de estudio, tanto de individuos adultos como de juveniles. Otro aspecto a considerar es la carga de sedimento terrígeno en las aguas del estuario, factor que de mantenerse, puede afectar la presencia de muchas especies de peces que habitan en el estuario.

2 Introducción

Minera Panamá, S.A. (MPSA) desarrolla el Proyecto Mina de Cobre Panamá, ubicado en el Distrito de Donoso, Provincia de Colón. El objetivo del Proyecto es la extracción y concentración de cobre (también con contenidos de oro y plata) y molibdeno de tres yacimientos identificados.

Como parte de las medidas de mitigación referidas en el Estudio de Impacto Ambiental (EIA), uno de los compromisos establecidos es la implementación de las acciones necesarias para asegurar su desempeño eficiente en el manejo del ambiente marino costero bajo influencia del proyecto, lo que incluye las especies de vida acuática y el monitoreo¹.

En tal sentido, se realizó la segunda campaña de monitoreo, la cual incluyó la evaluación de la ictiofauna presente en el área del estuario del río Caimito. El objetivo principal del presente trabajo, fue el de recabar información actualizada sobre el estado ictiológico y ambiental de la región estuarina del río Caimito, la cual abarca un área aproximada de entre 5 a 7 kilómetros desde la

¹ Minera Panamá, S.A. Solicitud de propuesta Plan de Acción Monitoreo Marino Costero. 2012.

costa. En adición, se realizaron observaciones sobre la utilización e importancia de este estuario y sus recursos para la comunidad.

Los hábitats marino costeros abiertos con fondo de arena del estuario del Río Caimito tienen una productividad y diversidad de peces locales de moderada a alta, que en parte se deben a la combinación del agua de las mareas y al ingreso de nutrientes del agua dulce. El río experimenta una fuerte erosión cuando ocurre el desbordamiento del río, producto de las grandes precipitaciones que se dan en la región, durante la época lluviosa².

Se sabe que varias especies de peces (por ejemplo, *Centropomus*, *Lutjanus* y *Caranx*), que se capturaron en la desembocadura del Río Caimito, utilizan las áreas marinas, estuarinas y ribereñas como hábitat durante diversas etapas de su vida. Por ejemplo, el *Centropomus undecimalis* (róbalo) desova mar adentro, sus juveniles migran aguas arriba hasta zonas oligohalinas (de baja salinidad) y luego, al cabo de varios meses, migran aguas abajo hacia las áreas estuarinas, desplazándose hacia zonas situadas mar adentro a medida que aumenta su tamaño³.

3 Materiales y Métodos

Para el monitoreo de campo se establecieron tres estaciones de monitoreo (Tabla 3.1), las cuales fueron georeferenciadas con la ayuda de un GPS (Sistema de Posicionamiento Global, por sus siglas en inglés) modelo Garmin GPS map 62.

Tabla 3.1. Coordenadas de ubicación de las estaciones de monitoreo.

Área	Estaciones	Coordenadas	
Río Caimito	Aguas Arriba E.1	534927.92 E	994711.01 N
	Intermedia E.2	534879.54 E	996279.68 N
	Aguas Abajo E.3	534930.47 E	997041.04 N

Coordenadas UTM, WGS 84, Zona 17N.

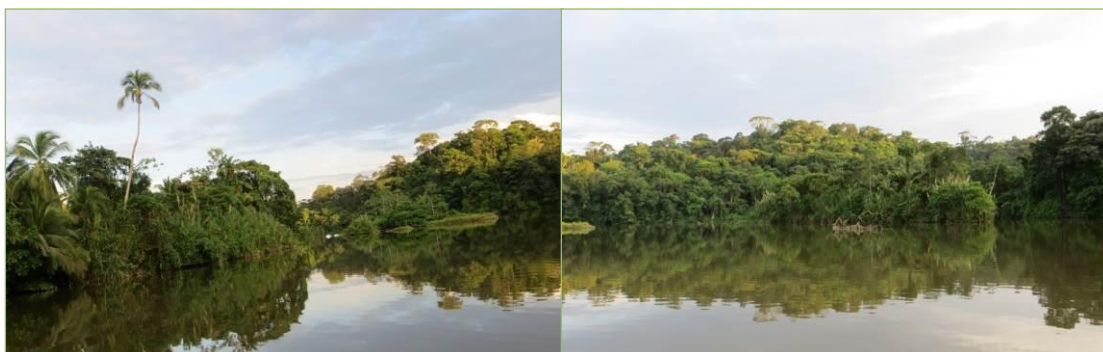
Estación aguas arriba (E.1): ubicada a una distancia aproximada de 2.8 km de la costa y una altura de 10 metros sobre el nivel del mar, en una zona, que bajo condiciones normales, posee rápidos y remansos con poca profundidad, pero que durante el muestreo, mostraba mayor profundidad, agua muy cargada por sedimento terrígeno, corriente fuerte, fondo compuesto por piedras, araña gruesa de río y recubierto por sedimento terrígeno continental. La profundidad de

² Minera Panamá, S.A. Estudio de Impacto Ambiental. 2010.

³ Marshall, 1958; Seaman y Collins, 1983.

colecta fue entre 0.4 a 2.0 metros (Figura 3.1.). Como artes de pesca se utilizaron atarrayas y balayo.

Figura 3.1. Estación de monitoreo aguas arriba (E.1)



Estación Intermedia (E.2): situada a 1.2 kilómetros de la boca del estuario, con una altura cercana al nivel del mar, con fondo cubierto por sedimento terrígeno, sumamente fino y hojarasca, en las zonas de menor fuerza de corriente. La profundidad de colecta oscilo entre 2.5 y 4.0 metros (Figura 3.2). Se utilizaron trasmallos de diferente luz de malla (3" y 4") como artes de pesca.

Figura 3.2. Estación de monitoreo intermedia (E.2)



Estación Aguas Abajo (E. 3): ubicada aproximadamente a 100 metros de la boca del estuario, presenta aguas sumamente chocolates y cargadas de sedimento terrígeno y fondo cubierto por sedimento terrígeno y hojarasca. En las zonas de menor fuerza de corriente, la profundidad de colecta fue aproximadamente entre 0.2 a 5.0 metros (Figura 3.3). Se utilizaron atarrayas y chinchorro como arte de pesca para las partes más someras y para las áreas más profundas trasmallos de luz de malla de 3 1/2" y 4".

Figura 3.3. Estación de monitoreo aguas abajo (E.3)



Para los muestreos realizados en las zonas someras de las estaciones E.1 y E.3 se utilizaron dos artes de pesca, chinchorros con luz de malla de 1/4" y atarraya de 7 pies de diámetro (Figura 3.4), realizando un esfuerzo pesquero de aproximadamente dos horas para cada estación. Los organismos colectados se introdujeron en bolsas plásticas, se fotografiaron e identificaron. Posteriormente, fueron liberados para evitar la muerte innecesaria de estos, ya que la mayoría de los individuos colectados presentaron estadios juveniles.

Figura 3.4. Muestreo con atarraya en zonas poco profundas



En cuanto a las zonas de mayor profundidad, ubicadas en las estaciones E.2 y E.3, se utilizaron trasmallos de 3 1/2" y 4" respectivamente (Figura 3.5), los cuales fueron calados a las 4:00 p.m. y retirados a las 8:00 p.m., posterior a lo cual, se extrajeron todos los peces capturados y se trasladaron las muestras en una nevera portátil con hielo para su preservación y posterior identificación. Una vez en la residencia se procedió a medirlos, utilizando un ictiómetro (Wildco, modelo No. 118); se fotografiaron e identificaron cada una de los especies hasta el nivel taxonómico más bajo posible. Finalmente la pesca fue donada a la población de Puerto Caimito.

Figura 3.5. Muestreo con trasmallo en zonas profundas



La identificación de las especies capturadas se realizó utilizando diferentes libros de clasificación, con miras a determinar con exactitud, la familia, género y especie a la que pertenecían. Dentro de la literatura especializada utilizada podemos mencionar: Meek & Hildebrand (1923, 1925, 1928), Cervigón (1966), Randall (1968), Grenberg (1977), Fisher (1978), Cervigón & Fischer (1979), Collette & Nauen (1983), Allen (1985), Bussing (1987, 1998), Cervigón *et al.* (1992), Bohlke & Chaplin (1993), Heemstra & Randall (1993), Human (1997), Carpenter (2002a, 2002b) y Froese & Pauly (2013).

4 Resultados y Discusión

Se identificaron un total de 14 familias, distribuidas en 17 órdenes y 26 especies (Tabla 4.1). Dentro de estas, la familia Carangidae (jureles) mostró la mayor variedad de especies con 4, seguida de las familias Centropomidae (róbalos), Eliotridae (Guabinas) y Gerridae (mojarras) con tres especies cada una y las familias Lutjanidae (pargos), Mugilidae (lisa) y Sygnathidae (pez palo) con dos cada una.

Tabla 4.1. Peces registrados en el área del proyecto

Familia	Especie	Nombre Común	Febrero 2013
Carangidae	<i>Caranx hippos</i> (Linnaeus, 1766)	Jurel	*
	<i>Caranx latus</i> (Agassiz, 1831)	Jurelito	*
	<i>Selene vomer</i> (Linnaeus, 1758)	Catarnica	*
	<i>Selene sp</i>	Catarnica	*
Centropomidae	<i>Centropomus parallelus</i> (Poey, 1860)	Róbalo	*

	<i>Centropomus pectinatus</i> (Poey, 1860)	Gualajo	*
	<i>Centropomus undecimalis</i> (Bloch, 1792)	Róbalo	*
Eliotridae	<i>Eleotris amblyopsis</i> (Cope, 1871)	Guabina	*
	<i>Eleotris pisonis</i> (Gmelin, 1789)	Guabina	*
	<i>Gobiomorus dormitor</i> (Lacepede, 1800)	Guabina	*
Gerreidae	<i>Eugerres plumieri</i> (Cuvier, 1830)	Chobeca	*
	<i>Eucinostomus gula</i> (Quoy & Gaimard, 1824)	Mojarra	*
	<i>Eucinostomus melanopterus</i> (Bleeker, 1863)	Mojarra	*
Haemulidae	<i>Pomadasys crocro</i> (Cuvier, 1830)	Roncador	*
Lutjanidae	<i>Lutjanus apodus</i> (Walbaum, 1792)	Pargo	*
	<i>Lutjanus jocu</i> (Bloch & Schneider, 1801)	Pargo	*
Megalopidae	<i>Megalops atlanticus</i> (Valenciennes 1847)	Tarpon	*
Mugilidae	<i>Mugil curema</i> (Cuvier & Valenciennes, 1836)	Lisa	*
	<i>Mugil cephalus</i> (Linnaeus, 1758)	Lisa	*
Paralichthyidae	<i>Citharichthys spilopterus</i> (Günther 1862)	Lenguado	*
Poecillidae	<i>Brachyrhaphis cascajalensis</i> (Meek & Hildebrand 1913)	Parivivo	*
Polynemidae	<i>Polydactilus virginicus</i> (Linnaeus, 1758)	Bobo	*
Scianidae	<i>Bairdiella ronchus</i> (Cuvier, 1830)	corvina	*
Sygnathidae	<i>Microphis brachyurus</i> (Bleeker, 1853)	Pez palo	*
	<i>Microphis brachyurus lineatus</i> (Kaup 1856)	Pez palo	*
Tetraodontidae	<i>Sphoeroides testudineus</i> (Linnaeus 1758)	Boca abajo	*
14 Familias	17 géneros, 26 especies		

Se reportaron un total de 25 especies marinas y una especie secundaria. Las especies marinas alcanzan buenas tallas, por lo que pueden ser consumidas por la comunidad, al mismo tiempo que se consideran especies de interés comercial según los criterios de Carpenter, 2002 (Vol. 2 y 3), tales como: róbalo (*Centropomus parallelus*, *Centropomus pectinatus*, *Centropomus undecimalis*), pargo (*Lutjanus apodus*, *Lutjanus jocu*), corvinas (*Bairdiella ronchus*) y el sábalo real (*Megalops atlanticus*).

En base a los resultados obtenidos podemos inferir que existe una amplia distribución de estas especies a lo largo del estuario. Cabe señalar, que se reportaron 7 familias, 9 géneros y 14 especies adicionales a las reportadas en la primera campaña de monitoreo.

Adicional a esto, se observó la presencia de gran cantidad de formas juveniles dentro del estuario, lo que implica una población reproductivamente activa, las cuales se entrelazan con estadios adultos lo que nos permite señalar que las condiciones actuales de este sistema estuarino son favorables para el establecimiento de estas especies en este cuerpo de agua.

Río arriba, el río Caimito recibe las aguas de tres afluentes importantes: en el lado este del río, el Río Caimitón, en el cual se concentra actualmente la explotación artesanal de oro, con máquinas de chorro de agua (Hydro), que ponen en movimiento mucho sedimento terrígeno; de hecho Caimiton es el afluente más impactado, producto de la actividad minera ilegal realizada con máquinas Hydro en este sector.

El segundo afluente es el Río del Medio, como su nombre lo dice, se encuentra en la parte media, y este es poco explotado, por lo que sus aguas, poseen sedimento, pero en menor cantidad que en Río Caimitón. Finalmente, del lado oeste, encontramos el río Vivero, que al momento de este estudio se encontraba sin ningún tipo de alteración aparente.

Un factor a considerar es el incremento desmedido del sedimento terrígeno en suspensión y su posterior asentamiento sobre los fondos, cubriéndolo todo y acabando con la base de la cadena trófica, afectando negativamente al estuario y a su población ictiológica, debido a que el efecto dañino del sedimento terrígeno, sobre los ecosistemas costeros del Caribe, es un hecho irrefutable (Averza Colamarco, 1996), que debiera tomarse en cuenta, evitando de esta manera sobrepasar la resiliencia de este sistema acuático.

5 Conclusiones

Se reportaron un total de 14 familias, distribuidas en 17 géneros y 26 especies, existiendo una amplia distribución de éstas a lo largo de las estaciones muestreadas.

Se observó la presencia de gran cantidad de formas juveniles, las cuales se entrelazan con estadios adultos, lo que nos permite señalar que existe una población reproductivamente activa, siendo las condiciones actuales favorables para el establecimiento de estas especies en este cuerpo de agua.

Se reportan 7 familias, 9 géneros y 14 especies adicionales a las descritas en la primera campaña de monitoreo.

Del total de las especies reportadas, no existe ninguna especie de fauna acuática que esté considerada bajo la categoría de rara, amenazada o en peligro, ni protegidas por la legislación nacional.

En la actualidad, pareciera que se incrementa el deterioro acelerado del estuario del río Caimito, por el incremento de la extracción artesanal del oro, con máquinas hydro, dicha condición de mantenerse, pudiera traer consigo implicaciones negativas del potencial ictiológico de dicho estuario.

6 Bibliografía

- **ALLEN, G.R.** 1985. Snappers of the world. An annotated and illustrated catalogue of lutjanid species known to date. FAO Fish Synopsis 6(125): 1-208.
- **AVERZA-COLAMARCO, A.** 1996. La sedimentación y el Deslave Terrígeno: su efecto sobre el ambiente costero en el Caribe (con énfasis en Panamá). Departamento de Ciencias Marinas, U.P.R., Mayagüez, Puerto Rico, 32 pp.
- **BOHLKE, J.E. & C.G. CHAPLIN.(2 ed.).** 1993. Fishes of the Bahamas and Adjacent Tropical Watersn. The Academy of Natural Sciences of Philadelphia, University of Texas Press, USA, 771 pp.
- **BUSSING, W.A.** 1987. Peces de las Aguas Continentales de Costa Rica. Editorial de la Universidad de Costa Rica, San José, 271 p.
- **BUSSING, W.A.** 1998 (2 ed.) Peces de las Aguas Continentales de Costa Rica. Editorial de la Universidad de Costa Rica. Rev. Biol. Trop. vol. 46, supl. 2: 1-468.
- **CARPENTER, K.E.** (ed.). 2002a. The living marine resources of the Western Central Atlantic. Volume 2: Bony Fishes part 1 (Acipenseridae to Grammatidae). FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes and American Society of Ichthyologists and Herpetologists Special Publication No. 5. Rome, FAO pp 601-1374.
- **CARPENTER, K.E.** (ed.). 2002b. The living marine resources of the Western Central Atlantic. Volume 3: Bony fishes part 2 (Opistognathidae to molidae), sea turtles and marine mammals. FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes and American Society of Ichthyologists and Herpetologists Special Publication No. 5. Rome, FAO p 1375-2127.
- **CERVIGON, F.** 1966. Los Peces Marinos de Venezuela. Tomo I y II. Fundación La Salle de Ciencias Naturales, Caracas. 1-951 pp.

- **CERVIGON, F. & W. FISCHER.** 1979. INFOPESCA: Catálogo de Especies Marinas de Interés Económico Actual o Potencial para América Latina. Parte I- Atlántico Centro y Suroccidental. FAO/UNDP, SIC/79/1, Roma, 372 pp.
- **CERVIGON, F., R. CIPRIANI, W. FISCHER, L. GARIBALDI, M. HENDRICKX, A.J. LEMUS, R. MARQUEZ, J.M. POUTIERS, G. ROBAINA & B. RODRIGUEZ.** 1992. Fichas FAO de identificación de las especies para los fines de la pesca. Guía de Campo de las Especies Comerciales Marinas y de Aguas Salobres de la Costa Septentrional de Sur América. Preparado con el financiamiento de la Comisión de Comunidades Europeas y de NORAD. Roma, FAO, 1992. 513 pp.
- **COLLETTE, B.B. & C. E. NAUEN.** 1983. Scombrids of the world. An annotated and illustrated catalogue of tunas, mackerels, bonitos and related species know to date. FAO Dish Synopsis 2(125): 1-137.
- **FISCHER, W.** (ed.). 1978. FAO Identification Sheets for Fishery Purposes: Western Central Atlantic (Fishing Area 31), Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, vol. 1-7: pag. var.
- **FROESE, R. & D. PAULY.** (Editors). 2013. FishBase, World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, versión (04/2013).
- **HEEMSTRA, P.C. & J.E. RANDALL.** 1993. Groupers of the world (Family Serranidae, Subfamily Epinephelinae). An annotated and illustrated catalogue of the grouper, rockcod, hind, coral grouper and lyretail species known to date. FAO Fisheries Synopsis 16(125): 1-382.
- **HUMANN, P.** 1997. (3ra. ed.). Reef Fish Identification: Florida, Caribbean, Bahamas. Paramount Miller Graphics Inc., Florida, 396 pp. + app.
- **MEEK, S.E. & S.F. HILDEBRAND.** 1923. The Marine Fishes of Panama. Field. Mus. Nat. Hist. Zool. Ser. Vol. XV (215): 1-330.
- **MEEK, S.E. & S.F. HILDEBRAND.** 1925. The Marine Fishes of Panama. Field. Mus. Nat. Hist. Zool. Ser. Vol. XV (226): 331-708.
- **MEEK, S.E. & S.F. HILDEBRAND.** 1928. The Marine Fishes of Panama. Field. Mus. Nat. Hist. Zool. Ser. Vol. XV (249): 709-1045

- **RANDALL, J.E.** 1968. Caribbean Reef Fishes. T.F.H. Publications Inc., Neptune City, N.J., 318 pp.

7 ANEXOS

Figura 7.1. *Brachyraphis cascajalensis*



Figura 7.2. *Selene vomer*



Figura 7.3. *Eleotris amblyopsis*

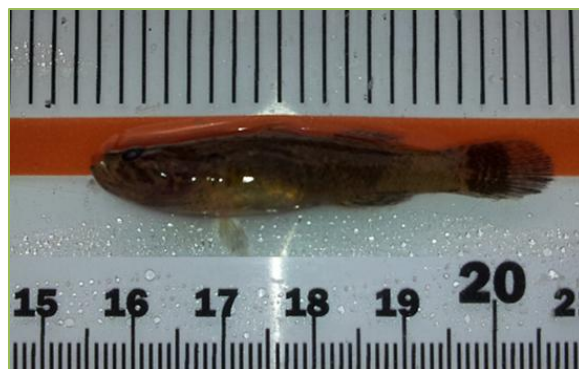


Figura 7.4. *Microphis brachyurus lineatus*



Figura 7.5. *Megalops atlanticus*



Figura 7.6 *Polydactilus virginicus*

